ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 AOUT 1927.

PRÉSIDENCE DE M. A. D'ARSONVAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *La constitution lithologique des volcans du Pacifique central austral.* Note de M. **A. Lacroix**.

Depuis plus de 25 ans, je recueille des documents pour rechercher dans quelles limites il est légitime de généraliser la conclusion que j'ai tirée jadis de l'étude des laves de Tahiti pour la connaissance des volcans épars dans le Pacifique austral. J'ai montré, en effet, que les laves de Tahiti présentent un caractère alcalin, ou pour parler un certain langage à la mode, un caractère *atlantique* au milieu d'une vaste région à laquelle était attribué, *a priori*, il faut bien le dire, le caractère dit *pacifique*, c'est-à-dire calco-alcalin.

J'ai présenté à ce sujet au Congrès Pan-pacifique (1926) un Mémoire dont le développement est actuellement à l'impression dans les *Mémoires de l'Académie :* je me propose d'en exposer ici les conclusions différant par quelques détails de ceux que j'ai donnés à Tokyo, d'une part parce que j'ai eu récemment en main des documents nouveaux, et d'une autre parce que les travaux de MM. Daly et Bartrum sur les Samoa, de MM. Chubb et H. Campbell Smith sur les Tubuai ont apporté quelque précision, là où il en manquait.

A l'Est d'une ligne passant par les îles d'origine continentale, de l'Amirauté, Salomon, Santa Cruz, les Nouvelles Hébrides, Fidji, Tonga, Kermadec et la Nouvelle Zélande, toutes les îles situées au sud de l'Equateur sont exclusivement coralliennes ou volcaniques. Ce sont de ces

dernières seulement dont je vais m'occuper. La discussion des résultats de l'étude d'un très grand nombre d'échantillons et de 125 analyses, dont un grand nombre, nouvelles, ont été effectuées par M. Raoult, me conduit à diviser ces îles en trois séries lithologiques, sur la base de l'existence ou de l'absence de la néphéline exprimée ou virtuelle, conséquence de l'état de saturation de la silice du magma dans lequel la soude prédomine sur la potasse, à quelques très rares exceptions près.

a. Série néphélinique. — 1° Une série essentiellement alcaline, très complète, est réalisée à Tahiti. Par ordre d'abondance, il faut citer, parmi les roches volcaniques qui jouent le rôle le plus important, des *basanitoïdes* (III.6.3.4), riches en néphéline restée à l'état virtuel; la proportion des éléments colorés est variable, mais généralement grande; quand elle devient considérable, les roches constituent des *ankaramites-océanites* IV[6.3.4]2.$\frac{3}{4}$.2.2, riches en phénocristaux d'olivine; puis viennent des laves spéciales, que j'ai appelées *tahitites* (II.6.2.4), des *phonolites* (I.6.1.4) et des *trachytes néphélinifères* [I.5(6).1.4], où la néphéline ou bien ses substituts (haüyne, sodalite) sont exprimés minéralogiquement. Ces laves, formant des dykes et des coulées, sont accompagnées d'intrusions de roches grenues ayant respectivement la même composition chimique que les laves, mais la néphéline y est exprimée (*syénites* (I.6.1.4) et *monzonites néphéliniques* (II.6.2.4), *essexites* (II.6.2.4), *théralites* et *luscladites* (III.6.3.4) ou bien virtuelle [*mafraïtes* (III.6.3.4)], avec quelques types exceptionnels, holomélanocrates (*yamaskite*, *diopsidite à olivine*), et des roches filoniennes variées de même composition chimique que les basanitoïdes (*monchiquites*, *camptonites*) ou les phonolites (*tinguaïtes*). A cette série néphélinique, sont associées quelques laves sans néphéline (basaltes) aboutissant, elles aussi, à des ankaramites-océanites.

2° Les îles de Cook ont fourni plusieurs types appartenant aux extrêmes de la série précédente; l'un est une *phonolite* très riche en néphéline (I.7.1.4) et un type mésocrate [(II)III.7.1.4) nouveau (*murite*), forme d'épanchement des shonkinites sodiques, l'autre est une *etindite* [III(IV).8.2.4[2.2.2.2], passant à l'*ankaratrite*, avec une teneur en soude supérieure à celle des roches analogues de Tahiti.

b. Série intermédiaire. — Comme la précédente, cette série comprend des roches à néphéline, au moins virtuelle, et d'autres, sans feldspathoïdes, mais leur importance relative est renversée, ce sont les dernières qui prédominent.

1° Les îles Sous-le-Vent (Bora-Bora, Tahaa, Huahine, Raiatea), auxquelles je rattache Moorea, malgré sa proximité de Tahiti, renferment des *trachytes néphélinifères* (I.(5)6.1.4), des *basaltes* β (III.5.3.4), (III.5.4.4) et des *gabbros* β ne contenant que peu ou pas de néphéline virtuelle. Ces basaltes aussi aboutissent à des *ankaramites océanites*, de caractère chimico-minéralogique spécial IV[5.3.4]2.3.2.2. A noter encore une *andésite oligoclasique* (II.5.2.4) à Raiatea, une *andésite andésitique* (II.5.3.4) et une *shoshonite* (II.5.3.3), l'une des rares roches du Pacifique renfermant plus de potasse que de soude, à Moorea.

2° Les îles Tubuai sont surtout formées par des *basaltes* aboutissant à des ankaramites, mais, à Rapa, il existe aussi des trachytes néphélinifères. Il faut signaler enfin

des intrusions de roches basiques à néphéline exprimée, des *luscladites* (III.6.3.4), jouant le même rôle géologique que la série néphélinique grenue à Tahiti.

3° Les îles Samoa sont essentiellement *basaltiques,* riches en olivine, avec *ankaramites-océanites* à Upolu et Savai, mais, il existe aussi des types à néphéline virtuelle, des *limburgites* (III.6.3.4) et, peut-être même, des *basanites*, enfin quelques *trachytes* (I.5.1.4). La complication est plus grande à Tutuila, où se rencontrent en outre des *andésites oligoclasiques* (II.5.2.4), *andésitiques* (II.5.3.4), ou *labradoriques* (II.5.4.4) et enfin une rhyolite (I.4.1.4), représentant le seul cas dans le Pacifique, d'une roche à silice libre *exprimée.*

c. Série sans néphéline. — Dans cette série, il existe de la diversité.

1° Les îles Gambier (Mangareva) sont uniquement basaltiques : *basaltes* β (III.5.4.4) et *océanites* IV[5.4.4]2.4.2.2.

2° Dans les îles Marquises, les *basaltes* β (III.5.3.4) sont associés à divers types de *trachytes* β (I.5.1.4) et à des latites (I.5.2.3), un peu plus potassiques que sodiques.

Enfin, 3° à Pitcairn et très au loin vers l'Est, à l'île de Pâques et à Sala y Gomez, se trouvent des associations de roches moins basiques : un *trachyte* α (I.5.1.4) et une *andésite* β (II.5.3.4) à Pitcairn; une *rhyolitoïde* (I.4.1.4), des types andésitiques (II.5.3.4) et un *basalte* β (III.5.3.4) à l'île de Pâques et à Sala y Gomez.

L'examen comparatif de ces divers types lithologiques montre que parmi ceux dépourvus de néphéline, il en est qui se rencontrent indifféremment, associés, ou non, à des roches à néphéline; ce sont les andésites II, 5, 3, 4; II, 5, 4, 4 et les basaltes III, 5, 3, 4; mais il en est d'autres qui ne sont pas accompagnés de types néphéliniques (rhyolites de l'île de Pâques; trachytes des Marquises et de Pitcairn). Parmi les types indifférents, il faut noter les ankaramites et les océanites; cela tient à ce que ces roches sont les termes les plus mélanocrates des basaltes et des basanites; la proportion des éléments blancs y étant très réduite, la nature de ceux-ci n'est déterminée que par de très petites différences chimiques, de telle sorte que les types basanitiques ne diffèrent guère des basaltiques : néanmoins on remarquera que, le deuxième des paramètres basés sur les feldspaths est le même dans les ankaramites que dans les roches mésocrates qui les accompagnent.

Les résultats de cette étude accentuent encore ce fait mis en évidence par beaucoup d'observations modernes que la conception d'une localisation nécessaire de certains types lithologiques dans des associations déterminées n'est pas exacte. La notion d'un type pacifique et d'un type atlantique des roches éruptives ne doit donc pas être maintenue sous cette forme, mais il est légitime de parler d'un *facies circum-pacifique*. Remarquable, en effet, est l'absence absolue dans la région intrapacifique, non seulement méri-

dionale, mais encore septentrionale (Hawaii), des types lithologiques les plus spécifiques des volcans circum-pacifiques, c'est-à-dire les *dacites* (et *dacitoïdes*) et des *andésites* α, à plagioclases très zonés, généralement riches en hyperthène et renfermant parfois de la hornblende.

On ne peut pas douter de la très grande prédominance des roches à facies basaltique parmi les laves de tous les volcans du Pacifique central austral; toutes les autres roches en dérivent certainement par différenciation et si l'on tient compte de ce que les sondages des océanographes n'ont rapporté du fond de cet océan que des débris basaltiques, en dehors de l'argile rouge formée à leurs dépens et des sédiments organogènes, on doit conclure que la plus *vaste* partie du *vaste* monde n'est couverte que d'épanchements basaltiques. Sans doute est-il bien hardi de conclure de la composition lithologique d'une poussière d'îles, encore que sommets d'édifices volcaniques gigantesques se dressant du fond de l'Océan, à la composition lithologique et chimique du plancher de l'immensité du Pacifique, mais comment ne pas être influencé aussi par la composition lithologique d'autres îles plus éloignées vers l'Est : Juan Fernandez, San Felix et San Ambrosio, situées au large des côtes du Chili, les Galapagos au large de la côte de l'Équateur et aussi des îles Hawaii ([1]) situées symétriquement par rapport à l'Équateur de la région que j'ai étudiée; leur composition est, elle aussi, différente de celles des roches circum-pacifiques.

S'il existe réellement un réservoir commun de magma basaltique ayant alimenté tous les volcans du Pacifique, et si ce magma avait originellement une composition uniforme, il résulte des conclusions de cette Note qu'il s'est produit des variations régionales dans le mode de sa différenciation considérée dans l'espace et sans doute dans le temps, mais cette constatation étant faite, il faut reconnaître que les causes du phénomène nous échappent pour l'instant.

([1]) Dans la classification donnée plus haut, Hawaii est à placer dans la série sans néphéline, mais avec cette particularité différentielle que ses basaltes constituent le plus souvent des basaltes α à silice libre virtuelle : quant aux îles voisines (Oahu, Molokai, Maui, Niikau et Kauai), elles sont à placer dans la série intermédiaire avec Juan Fernandez, San Felix et San Ambrosio.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution numérique de certains systèmes d'équations algébriques entières à un nombre quelconque d'inconnues.* Note [1] de M. **Riquier.**

I. Considérons un système d'équations aux dérivées partielles n'impliquant qu'une fonction inconnue, et présentant, par rapport à celle-ci et à ses dérivées, la forme linéaire et homogène à coefficients constants. Exclusion totale étant faite de la solution banale où l'inconnue est identiquement nulle :

1° Nous dirons que le système est *possible* ou *impossible*, suivant qu'il admet ou non quelque autre solution;

2° Nous nommerons *intégration restreinte* du système la recherche des solutions de la forme $\upsilon e^{rX+sY+\ldots}$, où X, Y, ... désignent les variables indépendantes, en nombre quelconque n, et υ, r, s, ..., des constantes, en nombre $n+1$, dont la première, υ, est expressément assujettie à n'être pas nulle; les solutions de cette forme seront elles-mêmes qualifiées d'*immédiates*. Dans une solution immédiate, la constante (non nulle) υ est évidemment arbitraire.

Cela posé :

A. *On peut,* à l'aide d'un calcul limité, *reconnaître si un système donné est possible ou impossible, et, dans le cas de possibilité, si son intégrale générale dépend d'un nombre limité ou illimité de constantes arbitraires.*

B. Dans le cas remarquable où le système est possible et où son intégrale générale dépend d'un nombre limité, g, de constantes arbitraires, *son intégration restreinte peut s'effectuer par la résolution d'un système de n équations algébriques entières aux n inconnues r, s, ..., de la forme*

$$F_1(r)=0, \qquad F_2(s)=0, \qquad \ldots .$$

Ces n équations sont toutes de degré g : pour avoir les divers systèmes de valeurs de r, s, ... figurant dans les solutions immédiates, on écrira sur une première ligne les racines distinctes de l'équation $F_1(r)=0$; sur une deuxième ligne, les racines distinctes de l'équation $F_2(s)=0$; ...; et l'on prendra, de toutes les manières possibles, une quantité, et une seule, dans chacune des n lignes.

II. A un système algébrique quelconque, où se trouvent engagées les n

---

[1] Séance du 17 août 1927.

inconnues $x, y, \ldots,$

$$(1)\quad \begin{cases} M_1 x^{\alpha_1} y^{\beta_1} \ldots + \ldots + P_1 = 0, \\ M_2 x^{\alpha_2} y^{\beta_2} \ldots + \ldots + P_2 = 0, \\ \ldots\ldots \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ [M_1, \ldots, P_1, M_2, \ldots, P_2, \ldots, \text{coefficients constants}] \end{cases}$$

faisons correspondre le système différentiel partiel

$$(2)\quad \begin{cases} M_1 \dfrac{\partial^{\alpha_1+\beta_1+\ldots} u}{\partial X^{\alpha_1} \partial Y^{\beta_1} \ldots} + \ldots + P_1 u = 0, \\ M_2 \dfrac{\partial^{\alpha_2+\beta_2+\ldots} u}{\partial X^{\alpha_2} \partial Y^{\beta_2} \ldots} + \ldots + P_2 u = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{cases}$$

impliquant la fonction inconnue u des n variables indépendantes X, Y, ...

Pour que le système algébrique (1) admette la solution numérique

$$x, y, \quad \ldots = x', \quad y', \quad \ldots,$$

il faut et il suffit que le système différentiel partiel (2) admette la solution immédiate (I, 2°)

$$u = \upsilon e^{x'X + y'Y + \ldots}.$$

Et ainsi, *la recherche des solutions numériques du système* (1) *se ramène à l'intégration restreinte du système* (2), *et réciproquement.*

Cela posé, *si le système* (2) *est possible*, *et que son intégrale générale dépende d'un nombre limité de constantes arbitraires* (I, A), *la recherche des solutions numériques du système* (1) *se trouve ramenée au cas remarquable*, *examiné plus haut* (I, B), *de l'intégration restreinte.*

ALGOLOGIE. — *Sur la végétation continue de certaines Phéosporées annuelles.* Note [1] de M. C. **Sauvageau.**

Plusieurs Algues phéosporées, qui semblent annuelles parce que la forme sous laquelle elles furent d'abord décrites disparaît chaque année, sont néanmoins vivaces par un thalle rampant stérile (*Cladostephus verticillatus*) ou fertile (*Sphacelaria olivacea*) qui, lors du retour de la saison favorable, émettra un nouveau thalle dressé. D'autres, réellement annuelles, sont rem-

[1] Séance du 17 août 1927.

placées par un individu de forme différente et d'existence indépendante; elles présentent une régulière alternance de générations entre un sporophyte et un gamétophyte; c'est le cas des *Saccorhiza bulbosa, Carpomitra Cabreræ*, etc., où un gamétophyte microscopique remplace le sporophyte de grande taille. Je ne connais pas de Phéosporées annuelles ou éphémères qui passent la saison défavorable à l'état d'hypnospores ou d'hypnozygotes, comme cela se voit chez diverses Algues vertes, mais des hypnocystes fortuits, comparables à ceux dont on constate la présence sur des individus qui souffrent ou qui sont sur le point de disparaître (*Tilopteris*, etc.), jouent peut-être un rôle, au moins à titre accessoire, dans leur conservation et leur multiplication. Enfin, il existe des Phéosporées annuelles, et leur nombre est vraisemblablement important, où, pendant l'éclipse périodique de son état macroscopique, la plante se multiplie sans interruption sous une autre forme, indépendante de la première et qui a été méconnue. Ce phénomène, entrevu par Kuckuck quand il parlait de « prosporie » et de « génération naine », ne rentre pas dans le cadre des idées classiques; il nécessite donc la création de quelques désignations nouvelles.

Chacune de ces *Eclipsiophycées* se compose de deux tronçons : il y a *alternance de végétation* entre une grande *Délophycée* (de δῆλος, apparent, visible), qui est la plante éphémère décrite par les auteurs, et une minuscule *Adélophycée* (de ἄδηλος, caché, invisible, obscur) qui se multiplie comme telle par des sporanges et qui, finalement, régénère la première. Ce second tronçon, jusqu'à présent observé seulement dans les cultures, existe évidemment aussi dans la nature et il y aurait lieu de rechercher si, parmi les espèces de petite taille que les auteurs ont décrites, certaines ne seraient pas simplement un état adélophycé. Cette notion nouvelle explique l'apparition soudaine et profuse des Phéosporées annuelles succédant à une éclipse totale et prolongée.

Le terme *protonéma* étant réservé à un thalle qui propage la plante par de simples bourgeonnements végétatifs (Muscinées, *Colpomenia sinuosa*, etc.), et celui de *prothalle* étant réservé au gamétophyte de plantes offrant une alternance entre une génération sexuée et une génération asexuée de taille prédominante (Cryptogames vasculaires, Laminaires, etc.), ni l'un ni l'autre terme ne convient au tronçon adélophycé qui multiplie ses individus par de vrais organes reproducteurs. Si certains prothalles, en effet, peuvent se propager par bouturage normal ou accidentel, aucun ne forme d'autres organes reproducteurs que ceux que détermine l'alternance des générations et jusqu'à présent constatés seulement sous le mode hétérogamique. Je pro-

pose donc de nommer ce tronçon adélophycé *pléthysmothalle* (de πληθυσμός, augmentation, multiplication) mot qui rappelle cette propriété. Le nombre encore bien restreint des Phéosporées où ce pléthysmothalle a été constaté s'accroîtra certainement.

Tous les auteurs considèrent les sporanges uniloculaires comme des organes asexués; par contre, les sporanges pluriloculaires sont souvent appelés gamétanges parce que plusieurs Phéosporées ont offert une copulation isogamique ou hétérogamique entre les éléments motiles qu'ils émettent, généralisation peut-être hâtive et qui, en particulier, ne tient pas assez compte des espèces qui possèdent deux ou trois sortes d'organes pluriloculaires (*Ectocarpus virescens*, *Ect. Padinæ*, *Giraudya*, etc.). Or, des Délophycées comme le *Castagnea Zosteræ* et le *Leathesia difformis*, pourvues simultanément ou successivement de sporanges uniloculaires et de sporanges pluriloculaires, engendrent, par les uns et par les autres, des pléthysmothalles semblables entre eux. Ceux-ci, toujours très fertiles, m'ont fourni uniquement des organes pluriloculaires dont les éléments motiles germent aussitôt et produisent une nouvelle génération de pléthysmothalles. A vrai dire, ces deux espèces ne m'ont pas encore démontré le passage de la forme adélophycée à la forme délophycée, et sous ce rapport mes expériences sont incomplètes. J'ai été plus heureux avec le *Giraudya*, où des plantules du *Giraudya* délophycé apparaissent brusquement sur le pléthysmothalle adélophycé. Ce phénomène paraît plus important au point de vue biologique qu'au point de vue taxinomique; ainsi, j'exposerai dans une prochaine Note que les zoospores des sporanges uniloculaires de l'*Asperococcus compressus* fournissent un protonéma monosiphonié rapidement producteur de plantules polysiphoniées, alors que celles de l'*Asper. echinatus* fournissent un pléthysmothalle rapidement producteur de sporanges pluriloculaires.

En résumé, les organes reproducteurs portés par les Délophycées ne servent ni à les multiplier, ni même à les conserver sous cette forme; ils engendrent des Adélophycées minuscules, uniformes ou hétéroblastiques qui se multiplient comme telles par des organes pluriloculaires et qui, probablement après plusieurs générations, et lorsque vient la saison favorable, engendrent des Délophycées. Puis ce cycle recommence. La végétation de ces Phéosporées n'est pas interrompue; elle est continue. Au lieu de représenter une période de vie ralentie, l'état adélophycé correspond à une période de vie très active et très fertile. Je n'y ai jamais vu de sporanges uniloculaires, tandis que des sporanges pluriloculaires s'y développent à profusion. Que les éléments émis par ceux-ci germent directement ou après

copulation, on devra en tenir compte dans les théories concernant la reproduction sexuée et l'alternance des états présumés haploïdes et diploïdes.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission expérimentale du spirochète de la récurrente espagnole par l'*Ornithodorus moubata *et mécanisme de cette transmission.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **Charles Anderson.**

Exposé. — Dans notre dernière Note, nous avons montré que l'*Ornithodorus moubata*, agent naturel de transmission de la fièvre des tiques du centre de l'Afrique, pouvait expérimentalement transmettre le spirochète de la musaraigne, découvert à Dakar par A. Léger et étudié par C. Mathis,

Spirochète de la fièvre des tiques et spirochète de la musaraigne sont très voisins, sinon identiques. Il n'en est pas de même de celui de la récurrente espagnole que transmet naturellement une tique spéciale, l'*Ornithodorus marocanus* dont la présence n'a pas plus été signalée au Sénégal ou dans l'Afrique centrale que celle de l'*Ornithodorus moubata* dans les régions où se rencontre l'ornithodore marocain (Espagne et Maroc). Cependant l'*Ornithodorus moubata* transmet expérimentalement le spirochète espagnol. Les expériences qui suivent le prouvent et montrent que le mécanisme de la transmission est le même que dans le cas du spirochète de la musaraigne.

Expériences. — Ornithodores en provenance du laboratoire du professeur Brumpt.

1. *Ornithodores adultes.* — Reçus en novembre 1926, nourris le 22 décembre sur un cobaye, très infecté du virus espagnol. Placés sur cobayes neufs les 20 janvier et 1er avril, ces ornithodores les piquent vigoureusement, se remplissent de sang et souillent les plaies des piqûres d'un liquide coxal abondant. Néanmoins, les cobayes piqués ne s'infectent pas. Nouveau repas sur un cobaye, infecté du même virus, le 20 mai.

Le 1er juillet, quatre de ces tiques sont broyées et l'on inocule le produit du broyage sous la peau d'un rat neuf. Ce rat contracte l'infection typique à spirochètes espagnols, démontrée par un passage au cobaye, animal réactif.

Le 26 juillet, quatre autres ornithodores du même lot sont nourris sur un rat neuf qu'ils piquent et souillent de leur liquide coxal, puis broyés et inoculés à un second rat. Ce dernier (tiques broyées) s'est infecté; le premier (piqûres) est demeuré indemne.

2. *Nymphes.* — Nos ornithodores adultes ont donné une ponte vers le 12 juillet. Les éclosions de cette ponte ont pris fin le 23 juillet. Les 24 et 28 juillet, on nourrit les nymphes sur des rats neufs. Le premier de ces rats ne s'est pas infecté; le second a présenté une infection à spirochètes espagnols. Des examens de quelques nymphes,

pratiqués à l'ultramicroscope et au microscope, y ont montré, les 28 juillet et 1[er] août, la présence de spirochètes.

Nous négligeons ici une autre série d'expériences dans laquelle les nymphes avaient été placées à leur premier repas sur un rat infecté et ont, ensuite, transmis par piqûres l'infection à des rats neufs. Il n'est pas possible, dans ce cas, de connaître si le pouvoir infectant de ces nymphes était héréditaire ou acquis, ou, ce qui est plus probable, l'un et l'autre à la fois.

Conclusions concernant ces expériences. — 1° L'*Ornithodorus moubata* transmet expérimentalement le spirochète de la récurrente espagnole.

2° Il le transmet par le même mécanisme que nous avons reconnu dans le cas du spirochète de la musaraigne, voisin (ou identique) du spirochète de Dutton dont l'*Ornithodorus moubata* est l'agent de transmission naturel.

3° Les ornithodores adultes conservent longtemps les spirochètes, ingérés par eux lors du repas infectant; ils ne sont pas capables de les transmettre par leurs piqûres.

4° Les nymphes, nées de ces tiques adultes, présentent des spirochètes et les transmettent par leurs piqûres, mais seulement à partir du second repas.

Conclusions de portée générale. — 1° L'*Ornithodorus moubata* est donc susceptible de transmettre, en plus du spirochète de Dutton dont il est l'agent transmetteur naturel, deux autres spirochètes l'un voisin de celui de Dutton, l'autre très différent. Le mécanisme de la transmission, dans ces cas, est le même; c'est un mécanisme *naturel*. La démonstration du rôle de l'*Ornithodorus moubata* dans la transmission des spirochètes de la musaraigne et du spirochète espagnol, est donc faite; elle ne pouvait l'être par la méthode des inoculations de tiques broyées.

2° Dans la limite des expériences que nous venons de rapporter, la nature du spirochète importe peu; c'est le stade où se trouve la tique qui importe pour la transmission naturelle. Nous verrons bientôt ce qu'il en est avec d'autres tiques et les mêmes (et d'autres) spirochètes.

NOMINATIONS.

L'Académie désigne, à l'unanimité de ses suffrages, MM. **Deslandres**, **Bigourdan**, **Lallemand**, **Bourgeois**, **Brillouin**, **Ferrié**, **Fichot**, **Perrier**, **Helbronner**, Membres de l'Académie; **Mathias**, Correspondant de l'Aca-

démie; et MM. **Delcambre**, **Genthial**, **Hubert**, **Labrouste**, **Maurain**, **Noirel**, **Rabot**, **Rothé**, **Roussilhe**, **Roule**, **Vignal**, **Viviez**, **Watier**, **Wehrlé**, pour représenter la France à la Troisième Assemblée générale de l'*Union géodésique et géophysique* à Prague, en septembre 1927.

CORRESPONDANCE.

M. **Alexis Carrel**, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Bruneau de Laborie** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Minéralogie appliquée. Détermination et étude des minerais, par A. Braly.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Substitution à l'inverse d'une fonction entière. Une nouvelle généralisation du théorème de M. Picard.* Note (¹) de M. **Georges-J. Rémoundos**.

1. Une conséquence immédiate du premier théorème de M. Picard est la suivante : *Étant donnée une fonction entière* $u = \sigma(z)$, *le* $\log[\sigma(z) - u]$ *ne saurait être une fonction entière pour deux valeurs finies de* u; c'est là une forme partielle du premier théorème même de M. Picard; c'est à cette forme que se rapporte la nouvelle généralisation que je me propose de communiquer ici.

Dans mon Mémoire *Sur les fonctions ayant un nombre fini de branches* (²) j'ai établi l'extension aux algébroïdes multiformes du théorème ci-dessus énoncé en introduisant la notion des valeurs *doublement exceptionnelles* en

(¹) Séance du 17 août 1927.

(²) *Journ. de Math.*, 6ᵉ série, 2, 1, 1906, p. 97-100.

démontrant qu'il y a encore *un cas d'exception unique* même pour les algébroïdes multiformes. Les raisonnements que j'y ai utilisés sont basés sur le fait que les propriétés fondamentales des algébroïdes uniformes sont étendues aux algébroïdes multiformes, et cela m'a suggéré de rechercher et obtenir une nouvelle généralisation du théorème ci-dessus énoncé. Cette généralisation consiste en ce que la fonction exponentielle e^z qui se rattache à l'ensemble des zéros de $\sigma(z) - u$ et, par suite, au théorème de M. Picard, est remplacée par une fonction entière transcendante quelconque, jouissant d'une certaine propriété concernant sa dérivée; par conséquent l'inverse d'une telle fonction remplace le logarithme.

Le nouveau théorème est le suivant :

Théorème. — *Soient* $u = \sigma(z)$ *une fonction quelconque,* $W = \varphi(\zeta)$ *une autre dont la dérivée* $\varphi'(\zeta)$ *soit transcendante entière à croissance régulière telle que,* ζ_1 et ζ_2 *étant deux valeurs quelconques de* ζ, *nous ayons*

$$\frac{\varphi'(\zeta_1)}{\varphi'(\zeta_2)} = \varphi'[P(\zeta_1, \zeta_2)],$$

où $P(\zeta_1\zeta_2)$ *représente un polynome entier en* ζ_1 *et* ζ_2; *désignons enfin par* $\zeta = f(w)$ *la fonction inverse de* $w = \varphi(\xi)$.

S'il existe des valeurs de u pour lesquelles la fonction $f[\sigma(z) - u]$ *soit algébroïde, ces valeurs doivent être considérées comme exceptionnelles pour la raison suivante. Deux valeurs* u_1 *et* u_2 *pour lesquelles les fonctions*

$$f[\sigma(z) - u_1] = a_1(z), \qquad f[\sigma(z) - u_2] = a_2(z)$$

sont algébroïdes, sont telles que le polynome $P(\zeta_1\zeta_2)$ *devient, pour* $\zeta_1 = a_1(z)$, $\zeta_2 = a_2(z)$, *une constante. Deux telles valeurs seront appelées équivalentes, puisque l'algébroïsme de* $a_1(z)$ *entraîne nécessairement l'algébroïsme de* $a_2(z)$.

Il est impossible d'avoir deux valeurs de u (non équivalentes) exceptionnelles, c'est-à-dire telles que la fonction $f[\sigma(z) - u]$ *soit algébroïde. Dans ce sens, le cas d'exception est unique.*

Dans le cas de M. Picard et de son extension aux algébroïdes multiformes, on a

$$P(\zeta_1, \zeta_2) = \zeta_1 - \zeta_2.$$

Ce nouveau cas d'exception semble *a priori* ne pas appartenir au cadre du théorème de M. Picard, puisque l'ensemble des zéros de $\sigma(z) - u$ ne figure pas dans le théorème ci-dessus énoncé; mais en réalité il s'y rattache dans une certaine mesure.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Existence d'équations différentielles et d'équations intégrales non linéaires (à un nombre quelconque de variables), dont les solutions existent dans le même domaine que les coefficients (équations normales non linéaires).* Note [1] de M. **Léon Pomey**, transmise par M. L. Lecornu.

1. Comme précédemment nous appelons *normale* [2] *toute* équation à un nombre *quelconque* de variables (équation intégro-différentielle, ou différentielle, ou en termes finis), caractérisée par la propriété remarquable que ses solutions existent dans tout l'intérieur du domaine d'existence des coefficients (en comptant parmi ceux-ci les fonctions qui peuvent être arbitrairement données). Les équations normales dont nous avons antérieurement reconnu l'existence [3], étaient les équations intégro-différentielles *linéaires* aux dérivées partielles (*d'ordre fini ou infini*).

Ce sont maintenant des catégories étendues d'équations *normales non inéaires* (et en premier lieu *d'équations intégrales* à un nombre *quelconque* de variables, comprenant comme cas particulier des équations aux dérivées partielles et des équations différentielles ordinaires) dont nous allons établir l'existence.

Remarquons que dans le cas particulier des équations différentielles à *une seule* variable, la recherche de pareilles équations normales (à points singuliers fixes) se relie au problème, traité principalement par Fuchs, Poincaré, M. Picard et M. Painlevé, relatif à la détermination des équations différentielles algébriques dont l'intégrale générale est uniforme.

2. *Les équations intégrales non linéaires* que nous envisageons tout d'abord, sont — en nous bornant, par exemple, à deux variables indépendantes x et y (ce qui ne diminue pas la généralité des résultats) — de la forme

$$\text{(E)} \qquad \varphi(x, y) = f(x, y) + \lambda \int_m^x \int_p^y \mathrm{P}[x, y, t, v, \varphi(t, v)]\, dt^m\, dv^p,$$

où P désigne un *polynome entier* par rapport à l'inconnue $\varphi(x, y)$.

Les coefficients $\mathrm{K}_i(xytv)$ de P sont des fonctions analytiques de x, y et des

---

(1) Séance du 17 août 1927.

(2) La dénomination *équation pantéténienne* serait en réalité plus appropriée, (πάντη : partout, τείνω : prolonger, étendre).

(3) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1084; **180**, 1925, p. 570; **184**, 1927, p. 1400; *Journal de l'École Polytechnique*, 24e *Cahier*, 1924, p. 21; *Giornale Matematiche*, **63**, 1925, p. 1.

variables d'intégration t, v; ils sont supposés holomorphes, ainsi que $f(xy)$, lorsque x et t sont dans un domaine D_x, et y (et v) dans un domaine D_y (D_x et D_y étant bornés complets et simplement connexes). Les intégrales m-uple et p-uple, $\int_m^x$ et $\int_p^y$, sont prises le long de deux lignes rectifiables L_x et L_y, qui seront les plus courts chemins joignant, dans D_x et D_y respectivement, deux origines fixes x_0 et y_0 aux points x et y. Les limites supérieures d'intégration étant ainsi variables, nous dirons que l'équation (E) est du *type Volterra*.

Cela posé, le résultat très général que nous avons en vue est le suivant :

Théorème. — *Dès que l'*ordre intégral $\gamma = m + p$ *de l'équation* (E) *est suffisamment grand, celle-ci est normale dans* $D_x\,D_y$. *De plus, la solution* $\varphi(xy)$ *est représentée par une série unique* (*entière par rapport au paramètre* λ) *dans tout le domaine* (D_x, D_y); *elle y est holomorphe et unique.*

Ces diverses propriétés, que nous avons déjà rencontrées à propos des *équations intégro-différentielles linéaires aux dérivées partielles* (*loc. cit.*), montrent la parfaite similitude de toutes les équations *normales* avec les équations différentielles *linéaires ordinaires*, qui sont les représentants-types de cette famille.

3. Pour plus de clarté, nous commencerons par démontrer la proposition ci-dessus (en précisant le sens du mot : suffisamment) dans le *cas simple de l'équation*

$$\varphi(xy) = f(xy) + \lambda \int_m^x \int_p^y K(xytv)\,\varphi^2(tv)\,dt^m\,dv^p. \tag{1}$$

Celle-ci a évidemment pour *solution formelle* la série $\sum_{n=0}^{n=+\infty} \varphi_n(xy)$ avec

$$\varphi_0(xy) = f(xy), \qquad \varphi_n(xy) = \lambda \int_m^x \int_p^y K(xytv)\,\varpi_{n-1}(tv)\,dt^m\,dv^p,$$

en posant (suivant la règle de Cauchy pour la formation du carré d'une série)

$$\varpi_{n-1}(tv) = \varphi_0(tv)\,\varphi_{n-1}(tv) + \varphi_1(tv)\,\varphi_{n-2}(tv) + \ldots + \varphi_{n-1}(tv)\,\varphi_0(tv), \qquad (n \geq 1).$$

Convergence. — Soient M_0 la borne supérieure de $|f(xy)|$ dans (D_x, D_y); M celle de $|K(xytv)|$; s et σ les longueurs des lignes L_x et L_y; l et l' leurs maxima dans (D_x, D_y). On aura

$$|\varphi_0(xy)| \leq M_0, \qquad |\varphi_n(xy)| \leq M_0 \left[\frac{|\lambda|\,MM_0\,s^m\,\sigma^p}{m!\,p!}\right]^n.$$

Dès lors, la série $\Sigma\varphi_n$ sera normalement convergente (absolument et uniformément) dans (D_x, D_y), et elle y représentera par suite *effectivement* la *solution* de l'équation (1), si l'on a

$$|\lambda|\,MM_0\,l^m\,l'^p < m!\,p!, \tag{2}$$

ce qui aura *toujours* lieu si l'un au moins des deux nombres m et p est suffisamment grand [1]. *Sous cette condition, l'équation* (1) *sera donc bien normale dans* (D_x, D_y).

C. Q. F. D.

Unicité. — Si (1) admettait une autre solution $\psi(xy)$, la différence $\varphi(xy) - \psi(xy)$ ou $u(xy)$ de ces deux solutions, satisferait à l'équation *homogène*

$$u(xy) = \int_m^x \int_p^y K(xy\,tv)[\varphi(tv) + \psi(tv)]\,u(tv)\,dt^m\,dv^p.$$

Appelons $H(u)$ le second membre; $u(xy)$ devrait rester constamment égale à l'expression résultant de l'*itération* de l'opération H, et par suite tendre vers zéro. Il faut donc que l'on ait $u \equiv 0$ ou $\psi \equiv \varphi$.

4. Ces résultats (sauf l'holomorphie) restent valables dans le domaine *réel*. Nous montrerons aussi qu'*ils se généralisent pour une équation intégro-différentielle aux dérivées partielles non linéaire*. Nous verrons enfin comment on peut étendre indéfiniment la famille des équations normales au moyen de *substitutions intégro-différentielles* formant un ensemble de groupes (*groupes conormaux*).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résolution algorithmique du problème de Poincaré concernant la construction d'un groupe de monodromie d'un système donné d'équations différentielles linéaires.* Note [2] de M. **J.-A. Lappo-Danilevski**, transmise par M. Hadamard.

1° Un système arbitraire de n équations différentielles linéaires aux singularités régulières $a_1, a_2, \ldots, a_m$, peut être mis sous la forme

$$\frac{dY}{dx} = \sum \frac{YU_j}{x - a_j},$$

$U_1, U_2, \ldots, U_m$ étant des substitutions linéaires du degré n à coefficients indépendants de x. Le problème fondamental concernant l'équation indiquée, est la détermination d'une matrice intégrale $Y(x)$ et des substitutions V_j produisant le groupe de monodromie correspondant, les substitutions U_j ainsi que les configurations $a_1, a_2, \ldots, a_m$ étant données. Henri Poincaré, dans son Mémoire célèbre *Sur les groupes des équations linéaires* (*Œuvres*, 2, p. 310), a établi que les coefficients des substitutions V_j sont des fonctions entières des coefficients des équations. Mais leurs *expressions explicites* manquent encore. Ces expressions explicites, ainsi que

(1) Dans le cas des équations *linéaires* (*loc. cit.*), la condition obtenue était indépendante des *dimensions* des domaines et des *modules maxima* des coefficients.

(2) Séance du 17 août 1927.

quelques notions que nous allons introduire à l'instant, nous serviront, dans une Note suivante, pour établir la résolution algorithmique du problème inverse, c'est-à-dire du problème de Riemann.

2° Les éléments donnés, ainsi que les éléments cherchés du problème de Poincaré étant des substitutions du degré fixe n, c'est la notion de la relation fonctionnelle dans le domaine des substitutions linéaires qui fournit le fondement logique de l'analyse du problème considéré. Chaque substitution linéaire $X = \| \{X\}_{kl} \|$ sera traitée comme un système de n^2 éléments $\{X\}_{kl}$ qui sont des nombres complexes. La substitution dont les éléments sont respectivement les modules $|\{X\}_{kl}|$ de la substitution X, sera désignée par $|X|$. A et B étant des substitutions aux éléments $\{A\}_{kk} = a$, $\{A\}_{kl} = 0 \, (k \neq e)$, $\{B\}_{kk} = \{B\}_{kl} = b$, nous écrirons pour abréger $A = a$; $B = \|b\|$. Les n^2 relations $|\{X\}_{kl}| \leqq |\{\gamma\}_{kl}|$ seront considérées comme équivalentes à une seule relation $|X| \leqq |\gamma|$. En désignant par α_0, $\alpha_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}$ des constantes numériques, par X_1, X_2, X_m des substitutions variables, par X_1^0, X_2^0, ..., X_m^0 des substitutions constantes, par $\sum\limits_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1.2\ldots m)}$ des sommes de m^ν termes qu'on obtient en faisant parcourir indépendamment aux indices $j_1, j_2, \ldots, j_\nu$ les valeurs 1, 2, ..., m, nous traiterons comme une fonction analytique des substitutions $X_1, X_2, \ldots, X_m$ toute substitution de la forme

$$(1)\quad F(X_1, X_2, \ldots, X_m) = \alpha_0 + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1.2\ldots m)} (X_{j_1} - X_{j_1}^0)(X_{j_2} - X_{j_2}^0) \ldots (X_{j_\nu} - X_{j_\nu}^0)\, a_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}$$

dont les éléments sont représentés par n^2 séries

$$(2)\quad \begin{aligned} &\{F(X_1, X_2, \ldots, X_m)\}_{kl} \\ &= \alpha_0 + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1.2\ldots m)} \{(X_{j_1} - X_{j_1}^0)(X_{j_2} - X_{j_2}^0) \ldots (X_{j_\nu} - X_{j_\nu}^0)\}_{kl}\, \alpha_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}, \end{aligned}$$

supposées convergentes. La convergence de la série numérique

$$\sum \sum n^\nu \rho_{j_1} \rho_{j_2} \ldots \rho_{j_\nu} |\alpha_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}|$$

est la condition suffisante pour la convergence des séries (2), pourvu que

$$|X_j - X_j^0| \leqq \|\rho_j\| \qquad (j = 1, 2, \ldots, m).$$

Cette condition satisfaite, la fonction (1) est dite « holomorphe » dans le domaine indiqué de substitutions. Si les nombres ρ_j sont aussi grands que l'on veut, elle est dite entière. Les propositions concernant le calcul

des séries de la forme (1) sont analogues aux propositions correspondantes sur les séries ordinaires de puissances, sauf quelques singularités concernant les résultats de la comparaison des coefficients.

3° Nous désignons sous le nom de « hyperlogarithmes » de la configuration $a_1, a_2, \ldots, a_m$ les fonctions définies par les relations

$$L_b(a_{j_1} | x) = \int_b^x \frac{dx}{x - a_{j_1}}; \qquad L_b(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_{\nu-1}} a_{j_\nu} | x) = \int_b^x \frac{L_b(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_{\nu-1}} | x)}{x - a_{j_\nu}} dx.$$

L'hyperlogarithme $L_b(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_\nu} | x)$ se change en combinaison linéaire

$$L_b(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_\nu} | x) + \sum_{\mu=1}^{\nu} \rho_b^{(j)}(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_\mu}) L_b(a_{j_{\mu+1}} a_{j_{\mu+2}} a_{j_\nu} | x),$$

quand x décrit un circuit entourant le point a_j. Les coefficients, ne dépendant que de la configuration $a_1, a_2, \ldots, a_m$, sont représentés par les intégrales

$$\rho_b^{(j)}(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_{\mu-1}} a_{j_\mu}) = \int_{(a_j)} \frac{L_b(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_{\mu-1}} | x)}{x - a_{j_\mu}} dx,$$

(a_j) étant un lacet commençant en point b et enfermant le point a_j. Nous désignons ces coefficients sous le nom de « paramètres de la configuration ».

4° On obtient maintenant aisément la solution du problème indiqué dans l'article 1°. La matrice intégrale $Y(x)$ de l'équation proposée, ainsi que les substitutions V, produisant le groupe de monodromie correspondant, sont des fonctions entières des substitutions U_j

$$(3) \qquad Y(x) = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1,2,\ldots,m)} U_{j_1} U_{j_2} \ldots U_{j_\nu} L_e(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_\nu} | x),$$

$$(4) \qquad V_j = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1,2,\ldots,m)} U_{j_1} U_{j_2} \ldots U_{j_\nu} P_e^{(j)}(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_\nu}).$$

Le développement (3) est valable dans toute portion finie du plan de la variable x, ne contenant aucun des points $a_1, a_2, \ldots, a_m$. En particulier, si le groupe dérivé des substitutions U_j est commutatif, les formules (3) et (4) donnent les expressions

$$(5) \quad Y(x) = \left(\frac{x - a_1}{b - a_1}\right)^{U_1} \left(\frac{x - a_2}{b - a_2}\right)^{U_2} \cdots \left(\frac{x - a_m}{b - a_m}\right)^{U_m}; \qquad V_j = e^{2\pi i U_j} \quad (j = 1, 2, \ldots, m).$$

Il en résulte que, dans ce cas, toutes les solutions du système des équations proposées peuvent être mises sous forme finie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions de bipoint et les fonctions aréolairement conjuguées.* Note [1] de M. **Miron Nicolesco**, transmise par M. Emile Borel.

1. Appelons, avec M. Cosserat, *bipoint* (p, q) l'ensemble des deux points $p(x, y)$ et $q(x_1, y_1)$. Appelons bipoint *opposé* à un bipoint donné, l'ensemble des deux autres sommets du rectangle ayant les deux premiers points comme sommets opposés et ses côtés parallèles aux axes de coordonnées. Considérons deux fonctions réelles f et g du bipoint (p, q). Nous dirons que les deux fonctions sont *conjuguées* en ce bipoint, si la condition suivante est satisfaite. La dérivée de chacune des fonctions au point p, prise suivant une direction *arbitraire* n, est égale à la dérivée de l'autre fonction au point q, suivant la direction n', perpendiculaire à n dans le sens direct.

On peut démontrer la propriété suivante : *La condition nécessaire et suffisante pour que les fonctions f et g soient conjuguées au bipoint (p, q), est que la fonction $f + ig$ soit analytique au bipoint opposé.*

2. Considérons une transformation du bipoint $[p(x, y), q(x_1, y_1)]$ dans le bipoint $[P(X, Y), Q(X_1, Y_1)]$ (*transformation biponctuelle du plan*). Si q est fixe et p variable sur la direction m, P et Q varieront respectivement sur les directions M et M_1. Si p est fixe et q variable sur la direction n_1, P et Q varieront respectivement sur les directions N et N_1.

J'ai établi le théorème suivant : *Il existe des transformations biponctuelles, qui à chaque couple de directions orthogonales (m, n_1), font correspondre les deux couples orthogonaux* (M, N_1) et (M_1, N).

Ces transformations dépendent de deux fonctions arbitraires α et β. Appelons-les *transformations* (A). Parmi les transformations (A) se trouvent les transformations telles que les deux combinaisons $X + iY_1$ et $X_1 + iY$ sont des fonctions analytiques du bipoint opposé à (p, q). Appelons *transformation* (A) *générale*, toute transformation (A) pour laquelle aucune des fonctions X, Y, X_1, Y_1 ne peut jamais s'exprimer au moyen de quatre nouvelles variables.

J'ai établi le théorème suivant : *Pour qu'une transformation* (A) *générale transforme les surfaces caractéristiques de l'espace (x, y_1, x_1, y) en surfaces caractéristiques de l'espace* (X, Y_1, X_1, Y), *il faut et il suffit :*

---

[1] Séance du 8 août 1927.

1° que l'on ait $\alpha = \beta$; 2° que les surfaces $X + iY = 0$ soient caractéristiques.

3. Plus généralement, *il existe des transformations telles que :*

$$\text{angle}(M, N_1) = \text{angle}(M_1, N) = \text{angle}(m, n_1).$$

Je les ai appelées *transformations* (B), et j'ai démontré le résultat suivant : *Les transformations* (B) *sont des transformations* (A) *pour lesquelles l'un des points correspondants est une fonction analytique du bipoint primitif.*

4. Désignons par $\frac{Df}{Dz}$ la *dérivée aréolaire* [1] d'une fonction f de la variable complexe $z = x + iy$. Si F est une fonction des variables complexes $z = x_1 + ix_2$ et $z' = x_3 + ix_4$, cette fonction possède des dérivées aréolaires partielles que je désignerai par $\frac{DF}{Dz}$ et $\frac{DF}{Dz'}$.

J'ai démontré que l'on a : $\frac{D^2F}{Dz\,Dz'} = \frac{D^2F}{Dz'\,Dz}$, donc l'opération de dérivation aréolaire est *commutative*. Je dirai que deux fonctions F et G sont *aréolairement conjuguées*, si elles vérifient le système suivant [2] :

$$\frac{DF}{Dz} = \left(\frac{DG}{Dz'}\right)_0, \qquad \frac{DF}{Dz'} = -\left(\frac{DG}{Dz}\right)_0.$$

J'ai démontré les propriétés suivantes :

I. *Deux fonctions aréolairement conjuguées satisfont à une même équation*

$$\frac{D}{Dz}\left(\frac{D\Theta}{Dz}\right)_0 + \frac{D}{Dz'}\left(\frac{D\Theta}{Dz'}\right)_0 = 0.$$

Appelons *fonction harmonique* (α), toute fonction vérifiant cette équation.

II. *La partie réelle et la partie imaginaire d'une fonction harmonique* (α) *sont des fonctions harmoniques de l'espace* (x_1, x_2, x_3, x_4). *Inversement, si* Φ *et* Ψ *sont deux fonctions harmoniques à quatre variables, la combinaison* $\Phi + i\Psi$ *est une fonction harmonique* (α).

II. *Soient* F *et* G *deux fonctions aréolairement conjuguées. Si les deux fonctions*

$$F_1 = \frac{DF}{Dz} \quad \text{et} \quad G_1 = \left(\frac{DG}{Dz}\right)_0$$

---

(1) Voir D. POMPÉIU, *Sur une classe de fonctions d'une variable complexe* (*Rendiconti di Palermo*, 33, 1er semestre 1912, p. 108-113).

(2) L'indice zéro, placé au bas d'une expression, indique le nombre imaginaire conjugué de cette expression.

sont aréolairement conjuguées, les fonctions

$$F' = \frac{DF}{Dz'} \quad \text{et} \quad G' = \left(\frac{DG}{Dz'}\right)_0$$

sont aussi aréolairement conjuguées ; et réciproquement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines suites de polynomes* (1).
Note (2) de M. **René Lagrange**, transmise par M. Émile Borel.

Appelons *suite bernoullienne d'interpolation* le produit d'une suite constante d'indice zéro par une suite $\big[x, \alpha, [\bar{a}]\big]$. En posant

$$[c] = [b] : [\beta, \alpha]' : [\bar{a}],$$

considérons les suites, fonctions d'un indice r quelconque,

$$(1) \qquad \Big[L_n^{(r)}(x, \alpha, \beta; [a], [b])\Big] = [c]^{-r}.\big[x, \alpha, [\bar{a}]\big].$$

Les propriétés des suites d'interpolation entraînent

$$(2) \qquad [L_n^{(r)}(x)].[L_n^{(s)}(y)] = [L_n^{(r+s)}(x+y)],$$

$$(3) \qquad \underset{\alpha}{\overset{s}{\triangle}}{}_{[a]}\, L_{n+s}^{(r)}(x) = L_n^{(r)}(x),$$

$$(4) \qquad \underset{\beta}{\overset{s}{\triangle}}{}_{[b]}\, L_{n+s}^{(r+s)}(x) = L_n^{(r)}(x).$$

(3) est caractéristique de ces suites. Pour $\alpha = 1$, $\beta = 0$, $[a] = [b] = [1]$, on a les polynomes de Bernoulli-Nörlund (3). Les polynomes (1) fournissent une formule sommatoire formelle

$$\underset{\alpha}{\overset{r}{\triangle}}{}_{[\beta a]}\, \varphi(x+z) = \sum_{\nu=0}^{\infty} L_\nu^{(r)}(z) \underset{\beta}{\overset{r}{\triangle}}{}_{[b]} \underset{\alpha}{\overset{\nu}{\triangle}}{}_{[a]}\, \varphi(x),$$

comprenant en particulier la formule sommatoire d'Euler et celle de Boole-Nörlund relative aux polynomes d'Euler (4); ceux-ci constituent, en effet, une suite de la forme (1).

---

(1) Cf. *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1405-1407 et **185**, 1927, p. 175-178.
(2) Séance du 8 août 1927.
(3) Cf. N. E. Nörlund, *Acta mathematica*, **43**, 1922, p. 121-196.
(4) N. E. Nörlund, *loc. cit.*, p. 135.

Les suites (1), où $[a]=[b]=[1]$ sont remarquables. Quel que soit s, on a

$$(5)\qquad [L_n^{(r)}(x+s\beta,\alpha,\beta)]=[\;\beta,\alpha]^{(s)}.[L_n^{(r-s)}(x,\alpha,\beta)],$$

ce qui prend, pour les polynomes de Bernoulli, la forme symbolique

$$B_n^{(r)}(x+s)=\left(B^{(r-s)}(x)-B^{(s)}\right)^n=0.$$

(5) prend une forme simple pour $s=r$. Signalons aussi

$$\sum_{s=0}^{\nu-1} L_n\left(x+\frac{s\beta}{\nu},\alpha,\beta\right)=\nu L_n\left(x,\alpha,\frac{\beta}{\nu}\right).$$

De la fonction génératrice

$$\left(\frac{(1+\alpha t)^{\frac{\beta}{\alpha}}-1}{\beta t}\right)^{-r}(1+\alpha t)^{\frac{x}{\alpha}}=\sum_{n=0}^{\infty} L_n^{(r)}(x,\alpha,\beta)\,t^n,$$

on déduit la relation récurrente

$$(6)\qquad r L_n^{(r+1)}(x,\alpha,\beta)=(r-n)L_n^{(r)}(x,\alpha,\beta)+\left(x-r\beta+(r+1-n)\alpha\right)L_{n-1}^{(r)}(x,\alpha,\beta).$$

En particulier,

$$L_n^{(n+1)}(x,\alpha,\beta)=(x+\alpha-\beta,\beta)_n.$$

On tire également de (6) la formule d'interpolation remarquable

$$(7)\qquad \overset{r}{\underset{\alpha}{\triangle}} f(x+y+\alpha-\beta)=\sum_{s=r}^{\infty}\overset{s}{\underset{\beta}{\triangle}} f(x)\,L_{s-r}^{(s+1)}(y,\alpha,\beta).$$

Par exemple, on a

$$L_n^{(\nu)}(x+y+\alpha-\beta,\alpha,\beta)=\sum_{s=0}^{n} L_{n-s}^{(\nu-r-s)}(x,\alpha,\beta)\,L_s^{(r+s+1)}(y,\alpha,\beta),$$

avec un indice fixe arbitraire au deuxième membre. (7) fournit également la relation

$$L_n^{(\nu)}(x+y+\alpha-\beta,\beta,\alpha)=\sum_{s=0}^{n} L_{n-s}^{(\nu+r)}(x,\beta,\alpha)\,L_s^{(r+s+1)}(y,\alpha,\beta)$$

entre les suites où α, β sont permutés. Ces suites ne sont pas essentiellement distinctes car on démontre que

$$L_n^{(r)}(x,\beta,\alpha)=L_n^{(n+1-r)}(x+\beta-\alpha,\alpha,\beta).$$

Signalons encore que, suivant les idées de N. E. Nörlund, on peut considérer les suites

$$[L_n^{r}(x, \alpha, \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_r)] = [\beta_1, \alpha)^{(n)} \cdot \ldots \cdot [\beta_r, \alpha]^{(n)} \cdot [x, \alpha]$$

qui se rattachent aux précédentes par l'identité

$$[L_n^{(r)}(x_1 + x_2 + \ldots + x_r, \alpha, \beta_1, \beta_2, \ldots \beta_r)] = \prod_{i=1}^{r} \cdot [L_n(x_i, \alpha, \beta_i)].$$

Certaines des propriétés précédentes se généralisent aisément pour ces suites.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur les formes de chambres de combustion dans les moteurs à explosion et leur effet sur l'endurance.* Note [1] de M. de **Fleury**, présentée par M. Mesnager.

Les chambres de combustion des moteurs à explosion peuvent se diviser en deux types opposés extrêmes par rapport aux dispositions moyennes usuelles : celles à accélération de combustion, dites à Turbulence, qui agissent par remous d'étranglement dans une capacité ramassée, et celles à ralentissement de la combustion, dites anti-détonantes, lesquelles agissent, soit par détentes successives en escalier, soit par stratification, ou encore par le développement des surfaces internes.

Comparativement aux culasses ordinaires, voici quelques résultats observés sur des culasses amovibles relevant de l'une ou de l'autre de ces écoles opposées, au cours de quelques essais systématiques sur un même moteur :

1° L'apparition précoce du cognement dans les régimes ralentis sous charge est caractéristique des culasses à turbulence. L'effet, dû à l'instantanéité de la combustion, est révélé par la faible avance tolérée à l'allumage, et a comme conséquence pratique de limiter la compression à des taux volumétriques très inférieurs à ceux des culasses sans turbulence pour des raisons impérieuses de conservation et d'endurance des mécanismes. Toutefois, aux basses compressions, la culasse à turbulence est nettement supérieure et atteint des rendements presque égaux à ceux des types opposés aux hautes compressions. Il n'en reste pas moins que l'avantage du fonctionnement à basse compression apparaît d'ailleurs illusoire par quelques côtés, car le cognement tend à réapparaître pour les moindres causes accidentelles diverses qui deviennent l'origine de fatigue et de dislocation du moteur.

---

[1] Séance du 17 août 1927.

2°. Le fonctionnement satisfaisant et souple, sans tendance aux cognements, même à bas régime avec les plus hautes compressions, est la caractéristique des culasses des types les plus opposés à la turbulence. L'effet, dû au ralentissement de la combustion, est révélé par la forte avance qu'il faut conserver à l'allumage, même aux hautes allures et aux hautes compressions.

L'amélioration de puissance et de rendement obtenue par l'accroissement de compression, avec la culasse à combustion ralentie, fut au total plus élevée que celle obtenue avec la culasse à turbulence avec sa compression limitée par l'apparition du cognement aux allures ralenties sous charge.

En plus du gain thermodynamique, d'un point de vue pratique, les culasses à haute compression et sans cognement des types essayés se sont donc révélées, de façon quelque peu paradoxale, au point de vue des fatigues anormales des mécanismes, c'est-à-dire de l'endurance du moteur, nettement meilleures que les culasses à turbulence même à faible compression.

On peut se demander, à la suite de ces constatations, si les explications données jusqu'ici par les promoteurs de ces types opposés de culasses, ne sont pas seulement partielles, et si un facteur commun fortuit ne gouverne pas, pour une part, les accroissements de rendement thermodynamique et de puissance constatés de part et d'autre.

Le facteur commun peut être un effet de paroi et d'échanges thermiques par la seule *convection*.

La convection est, en effet; fortuitement et largement accrue par le fait même de la turbulence, de même qu'elle l'est par la cause opposée de l'accroissement fortuit du rapport de la surface au volume de la chambre de combustion dans le second cas.

Des essais, très satisfaisants à tous points de vue pratiques, moyennant, bien entendu, la mise en œuvre nécessaire de compression élevée, ont été exécutés avec des culasses simplement rainurées profondément, à grande surface interne, à fort refroidissement, exécutées en *alpax* très conducteur, et semblent confirmer cette hypothèse, que ne combat aucune raison de thermodynamique, ni de thermochimie, bien au contraire.

En effet, l'extraction des calories des gaz des cylindres d'un moteur à 4 temps est favorable 2 temps sur 4, sur le remplissage et la compression, indifférente sur le temps d'échappement, et nuisible sur un seul temps, celui de la détente.

De même l'abaissement des températures moyennes des gaz n'influe que peu sur la température initiale de la combustion, limitée par des équilibres chimiques, et semble accroître la chute de température absolue récupérable

en énergie mécanique, en même temps qu'elle est favorable à la bonne tenue et à l'endurance des organes internes.

Le degré de développement des surfaces internes, semble donc, au total, avoir une influence sur le taux de la compression optimum à mettre en œuvre dans un moteur pour un carburant donné, et sur le degré d'endurance des moteurs; les meilleures solutions constructives pratiques semblent devoir être orientées vers les très hautes compressions, avec des chambres à explosion à grand rapport de surface au volume pour les combustibles sujets à présenter le phénomène de l' « onde explosive » en général, et pour l'essence en particulier.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation de M. Schrödinger.* Note [1] de MM. **F. Gonseth** et **G. Juvet**, transmise par M. Hadamard.

M. Schrödinger, poursuivant des idées énoncées par M. L. de Broglie dans sa belle Thèse, a formulé une théorie suggestive qu'on nomme la mécanique ondulatoire. Elle permet de donner une interprétation des conditions quantiques qui ne fait pas état d'une discontinuité essentielle dans les phénomènes dynamiques [2].

Les idées de M. Schrödinger peuvent s'exprimer d'une manière très simple si l'on utilise la théorie des caractéristiques et des bicaractéristiques des équations du second ordre. C'est ce que nous avons aperçu en rapprochant les beaux Mémoires de M. E. Vessiot [3] sur la propagation des ondes des remarquables analyses de M. Hadamard dans ses deux traités classiques sur les équations du second ordre [4].

---

[1] Séance du 8 août 1927.

[2] Cf. *Annalen der Physik*, 79, 1926, p. 361-376 et 489-527.

[3] *Essai sur la propagation des ondes* (*Ann. Ec. Norm. sup.*, 3e série, 26, 1909, p. 403-449) et surtout : *Sur l'interprétation mécanique des transformations de contact infinitésimales* (*Bull. Soc. Math. de France*, 34, 1906, p. 265-269). A la fin de ce dernier Mémoire, se trouve déjà exprimée toute la théorie de l'onde attachée à un point matériel mobile, la force vive et la fonction de forces ne dépendant pas du temps. Les généralisations que nous avions en vue pour le cas du régime non permanent, nous les avons cherchées en recourant, sur le conseil de M. Vessiot, à la relativité générale. Nous tenons à le remercier ici de son conseil affectueux qui nous a conduits plus loin encore que nous ne l'avions imaginé à première vue.

[4] *Leçons sur la Propagation des ondes*, p. 35-59, 265 (Paris, Hermann, 1903) et *Lectures on Cauchy's Problem in linear partial differential Equations*, p. 75, 76, 83, 192 (New-Haven, Yale University Press, 1923).

Voici les principes qui nous seront utiles : étant donnée une équation (O) aux dérivées partielles du second ordre, linéaire par rapport aux dérivées secondes, on peut définir des multiplicités dites « caractéristiques » au moyen d'une équation aux dérivées partielles du premier ordre (J) et des courbes dites « bicaractéristiques » de (O) qui sont les caractéristiques de (J). Si l'on identifie (J) avec l'équation de Jacobi du mouvement d'un point matériel, les trajectoires de ce point matériel sont les bicaractéristiques de certaines équations (O), parmi lesquelles se trouve l'équation de M. Schrödinger, qu'il est d'ailleurs aisé, dans beaucoup de cas, de rattacher à (J) par invariance.

Considérons alors l'univers E_5 de nos Notes précédentes ([1]), mais supposons que les φ_i y soient tous nuls. Les coefficients du ds^2 de l'E_5 sont alors donnés par le tableau suivant :

$$(1)\qquad \left|\begin{matrix} g_{00} & g_{01} & g_{02} & g_{03} & 0 \\ g_{10} & g_{11} & g_{12} & g_{13} & 0 \\ g_{20} & g_{21} & g_{22} & g_{23} & 0 \\ g_{30} & g_{31} & g_{32} & g_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \Psi \end{matrix}\right|;$$

ils sont déterminés, sauf Ψ^2, par les équations d'Einstein. Nous généraliserons en supposant que les g_{ik} ainsi que Ψ^2 sont déterminés par les équations d'Einstein dans E_5, c'est-à-dire que nous poserons, en dehors des masses,

$$R_{\alpha\beta}=0 \qquad (\alpha, \beta=0, 1, 2, 3, 4).$$

Il est clair qu'on ne peut tout d'abord retrouver les équations d'Einstein de l'E_4, puisque nous avons modifié la connexion de l'E_5 qu'elles comportent ; mais la modification que nous avons apportée peut être supposée tout d'abord très faible, ce qui revient à admettre que Ψ et ses dérivées $\Psi_i=\frac{\partial\Psi}{\partial x_i}$ sont très petites, et que toutes nos fonctions, Ψ y compris, ont des dérivées par rapport à x_4 plus petites encore. Dans ces conditions, on trouve que :

1°

$$R_{ik}=0 \qquad (i, k=0, 1, 2, 3),$$

sont précisément les équations d'Einstein qui déterminent les

$$g_{ik} \qquad (i, k=0, 1, 2, 3),$$

([1]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 341 et 412.

du ds^2 de l'E_4 einsteinien;

2° $$R_{i4}=0 \quad (i=0, 1, 2, 3),$$

sont des équations identiquement vérifiées;

3° $$R_{44}=0,$$

s'écrit

$$\Psi\frac{\partial(g^{hi}\Psi_i)}{\partial x_h}+\Gamma^h_{ih}\Psi g^{ik}\Psi_k=0,$$

ou

(O) $$g^{hi}\frac{\partial^2\Psi}{\partial x_i\,\partial x_h}+\left(\Gamma^h_{lh}g^{li}+\frac{\partial g^{hi}}{\partial x_h}\right)\frac{\partial\varphi}{\partial x_i}=0.$$

Or si l'on cherche les bicaractéristiques de (O), on trouve précisément les géodésiques du ds^2 de l'E_4.

Si l'on considère un univers einsteinien E_4 *comme une section* $x_4=$ const. *d'un univers* E_5 *à cinq dimensions* $(x_0, x_1, x_2, x_3, x_4)$ *dont le* ds^2 *a pour coefficients les fonctions du tableau* (1), *les équations de la gravitation sont les équations* $R_{\alpha\rho}=0$ (*où* $\alpha, \rho=0, 1, 2, 3$) *et les trajectoires d'un point matériel* (1) *dans* E_4 *sont les bicaractéristiques de l'équation* $R_{44}=0$ *qui détermine la fonction* ψ *lorsque les* g_{ik} *sont connus. Cette équation régit une propagation d'ondes; elle pourrait être identifiée à l'équation de M. Schrödinger.*

On voit ainsi que la fiction d'un univers à cinq dimensions permet de donner une raison profonde à l'équation de M. Schrödinger. Il est clair que cet artifice deviendrait nécessaire si quelque phénomène obligeait les physiciens à croire à la variabilité de la charge.

Remarquons que les équations que M. Schrödinger a proposées pour interpréter les raies spectrales dans un grand nombre de cas font intervenir un champ électrique, ce que nous avons écarté ici.

ÉLECTROCAPILLARITÉ. — *Les phénomènes électrocapillaires et les ions.* Note (2) de MM. **W. Kopaczewski** et **M. Rosnowski**, présentée par M. d'Arsonval.

Après avoir élucidé le rôle des facteurs physiques dans les phénomènes électrocapillaires qui accompagnent l'ascension des colloïdes dans les papiers-filtres, nous avons examiné celui des ions (3).

(1) Ne modifiant pas le champ d'une manière appréciable, bien entendu.

(2) Séance du 17 août 1927.

(3) W. Kopaczewski et W. Zukiewicz, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1443-1445.

1. *Les cathions.* — Nous avons étudié l'action des concentrations M/1000 des cathions monovalents (Li, Am, Na, K et Cs), bivalents (Ca, Sr, Ba, Mg, Zn, Cd, Hg, Cu, Co, Ni, Mn, Pb, Va, U), trivalents (Al, Fe, Ce et La) et tétravalents [Sn (?) et Th]. Les substances employées étaient des chlorures purs.

D'une manière générale, l'action des cathions se manifeste surtout sur les colloïdes électronégatifs, en diminuant leur ascension capillaire et, même, en la supprimant complètement, parfois avant toute floculation visible du colloïde et avant toute modification de sa couleur. Néanmoins, l'action des cathions sur les colloïdes positifs et surtout celles des cathions polyvalents est parfois aussi énergique : ainsi l'ion Th^{++++} renverse l'image capillaire des colloïdes colorés — le colloïde électronégatif est totalement floculé — tandis que le colloïde positif accuse une ascension égale à celle de l'eau distillée. Même tableau s'observe avec le Fe^{+++}. *L'action de certains cathions est tellement impressionnante que même en dilution de* M/1000000 *elle ne fait pas l'ombre d'un doute : c'est le cas du fer.* La présence de cet élément en concentration de $3^{mg},25$ pour 100 est bien décelable par l'analyse électrocapillaire; le rôle de cet élément dans le phénomène électrocapillaire est de toute importance. L'action de l'ion Fe^{+++} dépasse de beaucoup celle de l'ion Th^{++++}, ce qui constitue une exception à la règle de valences.

De ces exceptions nous en avons observé bien d'autres : parmi les cathions bivalents : Hg, Cu, Pb et U ont une action particulièrement énergique sur les colloïdes positifs et cette action dépasse parfois celle des ions trivalents, fer excepté. Nous avons déjà insisté au sujet de ces irrégularités et nous nous proposons d'y revenir encore ([1]).

Nous avons étudié tous les sels solubles de sodium.

2. *Anions.* — L'action des anions est inverse, d'une manière générale, à celle des cathions : dans ce cas la capillarisation des colloïdes électropositifs, déjà faible par elle-même, est totalement supprimée. Mais, dans ce cas également nous avons observé des exceptions à la règle des valences : certains ions ont une action particulièrement énergique. Parmi les anions bivalents, citons : *m*-vanadate et iodure; parmi les bivalents : chromate, bichromate, tellurate, séléniate, tungstate; parmi les trivalents, l'action de ferrocyanure est de beaucoup plus énergique que celle de phosphate ou de *o*-vanadate. Mais, étant donné que l'ascension électrocapillaire des colloïdes

---

([1]) W. Kopaczewski, *Arch. internat. Médecine. exper.*. 2, 1926, p. 381-413.

positifs est par elle-même déjà très faible, les différences que l'on a observées ne sont point aussi frappantes que dans le cas des cathions.

3. *Les ions.* — Cette action a été étudiée à part. Nous avons reconnu que les concentrations isomoléculaires de divers acides organiques et inorganiques n'ont point une action identique. Nous avons donc essayé de voir, si seul l'ion d'hydrogène possède dans le cas des acides une importance. Dans ce but nous avons additionné les colloïdes colorants de solutions-tampons de Mc Ilvaine, donnant une gamme de concentration en ions H^+ allant de 2,0 à 8,0 (1). De ces expériences il résulte qu'à partir de $pH^+ = 4,4$ l'action de ces ions est très nette : le colloïde positif accuse alors une pénétration électrocapillaire aussi grande que les colloïdes négatifs dans le milieu aqueux; par contre le colloïde électronégatif est alors, dans ce milieu acide, totalement arrêté dans son ascension capillaire.

Après avoir préparé une série d'acides inorganiques et organiques en concentrations telles pour chacun d'eux que leur concentration finale en ions H^+ était toujours $pH^+ = 4,0$, nous avons pu nous convaincre que l'action des acides étudiés étaient loin d'être concordante : l'image de la pénétration électrocapillaire de nos colloïdes en présence des acides HCl et HNO^3 se superposait avec celle des solutions-tampons; mais, pour l'acide H^2SO^4 l'écart est déjà sensible; pour H^3PO^4. L'action est paradoxale : le colloïde positif est floculé et, naturellement, aucune pénétration capillaire n'a pu être constatée. Mêmes divergences se manifestent avec les acides organiques : l'action favorisant la pénétration des colloïdes positifs exercée par les acides formique et acétique est de beaucoup plus grande que celle de l'acide oxalique ou citrique.

Ces résultats démontrent que dans les actions des acides et des bases dans la pénétration électrocapillaire des colloïdes l'importance des ions H^+ n'est pas le seul facteur dominant, les anions jouent également un rôle, parfois aussi important.

Cette conclusion, que nous avons déjà formulée en 1912 à propos des actions catalytiques des ions H^+ (1), vient d'être récemment corroborée par un travail de Hermann (2) concernant la floculation des colloïdes.

En résumé, les différents ions (anions ou cathions) permettent de renverser le sens de la pénétration électrocapillaire des colloïdes ou tout au moins, de

---

(1) W. Kopaczewski, *Les ions d'hydrogène* (Paris, 1926; Gauthier-Villars, éditeur).
(2) E. Hermann, *Thèse de Lausanne*, 1926.

l'augmenter ou de l'affaiblir. L'action de certains ions — le fer en particulier — est tellement intense que l'introduction de cet ion en concentration M/1000000 *se manifeste déjà avec la plus grande netteté : le colloïde positif, dont la pénétration électrocapillaire est très faible, accuse alors une ascension dans le papier-filtre, égale à celle d'un colloïde négatif.*

Les anions agissent surtout sur la pénétration des colloïdes positifs et certains parmi eux possèdent une action particulièrement intense.

Les ions d'hydrogène possèdent une influence très énergique sur l'ascension électrocapillaire, mais cette action ne représente pas la totalité de l'action d'un acide : les anions interviennent parfois, à titre prépondérant.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la sensibilité quantitative des raies spectrales.* Note (¹) de M. **Tr. Negresco**, présentée par M. G. Urbain.

En étudiant des séries d'alliages binaires, dans lesquels la teneur de l'un des éléments diminuait progressivement, nous avons cherché quel effet a cette diminution sur la structure du spectre obtenu dans chaque cas.

Pour suivre ce phénomène, on a extrait des spectrogrammes les données correspondant à chacune des raies du métal considéré : *son intensité* dans le spectre du métal pur et sa *limite d'apparition*, c'est-à-dire la teneur de l'alliage le plus pauvre, dont le spectre présente encore cette raie.

Avec ces données on a dressé des tableaux, en rangeant les différentes raies les unes après les autres, suivant leur limites d'apparition, c'est-à-dire par ordre de « *sensibilité quantitative* » *décroissante*, pour employer le langage de M. de Gramont.

On a rapproché les résultats obtenus par l'observation des spectres *d'arc* de ceux qu'a donnés l'étude de l'étincelle *condensée*. On y a ajouté les observations faites sur les spectres *de flamme* et *d'étincelles oscillantes*.

De l'examen de ces tableaux, nous avons pu tirer les conclusions suivantes pour le cas des éléments étudiés (Ag, Cu, Mg, Zn, Cd, Hg, Al, C, Si, Pb, Sn, Bi, Mn, Co, Ni).

1° *L'ordre des raies, classées d'après leur sensibilité quantitative décroissante est le même que si on les classait par ordre d'intensité décroissante dans le spectre du métal pur*, aussi bien pour les spectres d'arc que pour les spectres d'étincelle.

(¹) Séance du 1ᵉʳ août 1927.

2° *Pour les spectres d'étincelle, la classification est indépendante de l'action que peut avoir la self-induction sur* les différentes raies. Elle ne dépend pas non plus de la présence ou de l'absence des différentes raies dans les spectres de flamme;

3° *Lorsqu'on passe de l'étincelle à l'arc, il faut supprimer les raies qui disparaissent sous l'action de la self-induction.*

Ces raies sont faibles dans les spectres d'arc obtenus avec le métal pur. Leur limite d'apparition est très élevée. Elles manquent dans les spectres de flamme (et notamment celui de l'enveloppe) obtenus par M. Ch. de Watteville. Ces raies sont émises par les atomes en différents degrés d'ionisation;

4° *La classification des autres raies reste la même pour l'arc et pour l'étincelle.*

Des mesures comparatives d'intensité, faites à l'aide d'un microphotomètre, révèlent de faibles variations dans l'ordre des intensités des raies, entre les spectres d'arc et les spectres d'étincelle. Ces variations restent cependant au-dessous de l'approximation avec laquelle on peut déterminer les sensibilités;

5° *La classification dont il s'agit plus haut est indépendante de l'alliage dans lequel se trouve engagé le métal étudié;*

6° *Cependant un même métal peut être plus sensible dans une série d'alliages que dans une autre.*

Ses raies sont alors plus intenses pour une même teneur des alliages des deux séries, et leurs limites d'apparition se trouvent abaissées.

7° *Les raies* qui figurent en tête de la classification (*les plus sensibles, sont toujours présentes dans les spectres de flamme et notamment dans l'enveloppe* où elles ont des intensités remarquables.

8° *Le réciproque de cette constatation n'est cependant pas toujours vrai :* il y a des raies qui figurent avec une intensité notable dans le spectre de l'enveloppe de la flamme (la raie 3261 du Cd) qui, malgré cela, sont faibles et relativement peu sensibles dans l'arc et l'étincelle.

On peut donc dire, en résumé, que : *lorsque la teneur d'un métal dans l'alliage qui sert de source d'émission diminue, l'intensité de toutes ses raies diminue progressivement et d'une façon continue jusqu'à disparition complète.*

Cette diminution se fait de la même manière pour toutes les raies d'un même métal, quelle que soit leur nature ou leur origine.

Interprété à la lumière des théories modernes sur la constitution de la matière, ce résultat nous montre que : *la diminution en proportion d'un*

élément dans la source de lumière se traduit par une diminution d'une même importance de la probabilité d'émission de toutes ses raies.

Cette observation, jointe aux remarques formulées ci-dessus, montre encore que :

La sensibilité d'une raie spectrale quelconque, dans une source d'émission donnée, dépend uniquement de son intensité dans le spectre du métal pur obtenu dans des conditions identiques.

En comparant les résultats obtenus avec différentes sources de lumière, on peut encore formuler la conclusion suivante :

La diminution de la quantité d'un élément dans une source d'émission ne se traduit pas sur les spectres de la même manière que l'abaissement du maximum d'énergie de cette source. — Pour l'étincelle, par exemple, cet abaissement serait produit par une augmentation de la self-induction du circuit de décharge. Son effet se manifeste alors par un affaiblissement *des raies de haut potentiel.* Cette action est indépendante de leur intensité dans le spectre primitif.

Par contre, la diminution de la quantité d'un élément entraîne l'affaiblissement de *toutes* ses raies. Cette action est indépendante du potentiel nécessité par leur excitation.

THERMOCHIMIE. — *Détermination de quelques constantes physiques d'huiles d'animaux marins.* Note (¹) de M. **Henri Marcelet**, présentée par M. C. Matignon.

J'ai précédemment communiqué (²) les chaleurs de combustion de quelques huiles d'animaux marins; je rapporte dans la présente Note les conclusions qu'il me semble permis de tirer des recherches que j'ai continué à effectuer et qui ont porté sur 40 huiles différentes fournies par les trois grands groupes : Cétacés, Pinnipèdes, Poissons, ceux-ci représentés par 12 familles différentes.

Le tableau ci-après réunit quelques-uns des résultats les plus intéressants que j'ai obtenus.

Les chaleurs de combustion déterminées à volume constant et rapportées à 1^g de substance sont très variables, elles ont oscillé entre 8593^{cal} (huile de

(¹) Séance du 17 août 1927.
(²) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 604.

	Huiles.	Chaleurs de combustion.	Points d'inflammabilité.	Points de combustibilité.	Poids spécifique à 15°.	Fluidité en degrés Barbey. 25°.	56°.	100°.	Viscosité en degrés Engler. 25°.	56°.	100°.
Cétacés.		cal : gr									
Balæna mysticetus, Lin	blonde	9249	230	265	0,9274	82,02	233,64	625,87	8,1	3,1	1,5
» Lin	brune	9204	210	255	0,9264	55,10	276,50	743,26	12,16	2,6	1,4
Pseudorca crassidens, Owen	"	8593	195	235	0,9234	169,87	485,64	1254,36	4,1	1,8	1,2
Ziphius cavirostris, Cuvier	"	10134	220	258	0,8721	182,36	433,36	991,46	3,9	1,9	1,3
Pinnipèdes.											
Macrorhinus leoninus, (Lin.)	blonde	9219	267	315	0,9284	68,91	205,04	566,69	9,8	3,4	1,7
» (Lin.)	brune 1	9303	297	352	0,9210	68,92	208,64	553,00	9,8	3,4	1,7
» (Lin.)	brune 2	9282	264	328	0,9221	80,86	222,30	594,25	8,3	3,2	1,6
Phoca groenlandica, Fabric	blonde	9305	227	288	0,9262	84,16	247,72	662,22	7,9	2,9	1,5
» Fabric	brune	9195	221	285	0,9281	63,82	188,54	540,49	10,4	3,7	1,7
Poissons.											
Mustelus vulgaris, Müll. et Henl	"	9845	312	347	0,9333	128,41	297,19	700,02	5,2	2,5	1,5
Galeus canis, Rondel	"	9441	300	338	0,9281	95,25	258,52	609,70	7,0	2,8	1,6
Hexanchus griseus, Rafin	blonde	9491	310	347	0,9138	65,29	223,58	592,50	10,2	3,2	1,6
» Rafin	brune	9476	215	235	0,8946	81,98	253,18	660,87	8,1	2,9	1,5
Squalus zygæna, Lin	"	9474	300	340	0,9318	101,31	258,51	595,15	6,6	2,8	1,6
Somniosus microcephalus, (Sch.) Goode et Bean.	brun clair	9600	252	315	0,9134	71,18	210,41	580,24	9,4	3,4	1,6
» (Sch.) Goode et Bean.	brune	9557	205	240	0,9154	62,56	199,32	579,97	10,7	3,5	1,6
Centrophorus calceus, Lowe	"	10335	220	257	0,8814	198,16	472,75	1082,63	3,5	1,8	1,2
» *granulosus*, Müll. et Henl	"	10790	234	260	0,8658	286,63	643,29	1402,42	2,6	1,5	1,1
» *squamosus*, Bonat	"	10404	237	273	0,8690	177,04	495,56	1081,89	4,0	1,8	1,2
Centrina vulpecula, Cuvier	"	9748	317	350	0,9024	76,69	210,27	528,63	8,6	3,4	1,7
Squatina angelus, Risso	"	9374	308	348	0,9354	109,06	283,02	643,50	6,1	2,6	1,5
Myliobatis aquila, C. Dumér	"	9324	250	332	0,9267	68,62	198,15	566,35	9,8	3,5	1,7
Orthagoriscus mola, Schneid	"	9090	190	250	0,9654	25,73	99,89	334,98	24,0	6,7	2,3
Gadus morrhua, Lin	claire oxydée	8697	210	244	0,9636	5,47	32,72	154,24	33,0	20,1	4,4
» Lin., pharm	blonde	9380	248	295	0,9263	101,60	267,16	642,66	6,7	2,7	1,5
» Lin., indust	noire	9091	175	225	0,9318	48,49	131,58	540,71	13,8	5,1	1,7
Clupea harengus, Lin., Norvège	blonde	9403	252	298	0,9254	87,73	250,34	661,09	7,7	2,9	1,5
» Lin., Norvège	brune	8806	210	230	0,9239	19,63	86,45	312,37	33,9	7,8	2,4
» Lin., Fécamp	brune	9384	218	246	0,9259	79,77	243,24	626,19	8,3	3,0	1,6

Pseudorca crassidens) et 10790^{cal} (huile de *Centrophorus granulosus*). En général, les huiles de poissons contenant du squalène ont été les seules à dégager le plus grand nombre de calories; cependant une exception doit être faite pour l'huile de *Ziphius cavirostris* (Cétacé) qui a fourni 10134^{cal} alors que les autres huiles de ce groupe ne dépassent pas 9250^{cal}. La cause de cette anomalie est à l'étude.

En outre, une autre observation importante au point de vue industriel a été faite : de deux huiles d'un même animal et de même provénance, l'huile la moins colorée possède un pouvoir calorifique nettement supérieur à celui de l'huile plus foncée, ce qui s'explique par la présence d'une moins grande quantité d'impuretés à pouvoir calorifique inférieur.

Les chaleurs de combustion semblent être d'autant plus élevées que le poids spécifique de l'huile est plus faible, c'est-à-dire que cette huile est sans doute plus riche en carbures.

Les points d'inflammabilité et de combustibilité présentent les mêmes différences que celles signalées pour les variations des chaleurs de combustion, en ce qui concerne la couleur des huiles.

La fluidité et la viscosité des huiles sont très variables, cela tient fort probablement à la fois à la nature même de l'huile et à son mode de préparation ; des recherches sont effectuées pour étudier les causes de ces variations. Cependant, d'une façon générale, si l'on compare les résultats obtenus à ceux fournis par les huiles végétales, on constate que les huiles d'animaux marins sont, à température égale, plus visqueuses que les huiles végétales (exception faite toutefois pour les huiles à Squalène qui sont très fluides). Cette augmentation de viscosité s'atténue d'ailleurs très rapidement dès que l'on élève la température de l'huile.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la façon de se comporter de divers métaux dans l'électrolyse de l'eau par le courant alternatif.* Note (¹) de M. **A.-P. Rollet**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans une Communication (²) antérieure, j'ai montré, en collaboration avec M. Hackspill, que, dans l'électrolyse avec courant alternatif du système argent-soude-argent, le dégagement gazeux (mélange tonnant

(¹) Séance du 7 août 1927.

(²) *Bulletin de la Société chimique de France*, 37, 1925, p. 692.

dans les proportions de l'eau) ne se produisait qu'au-dessus d'une densité de courant donnée, dépendant de l'état de la surface du métal, de la température et de la pression.

Récemment [1] des auteurs américains sont arrivés aux mêmes conclusions; ils nomment densité de courant critique cette densité de courant pour laquelle les gaz apparaissent.

J'ai poursuivi l'étude de l'apparition du dégagement gazeux. Voici quelques résultats. Pour en faciliter l'exposé je donne succinctement quelques détails expérimentaux.

Le courant électrique utilisé est un courant sinusoïdal de fréquence 50. Les mesures sont faites en observant la surface des électrodes sous un certain grossissement et en notant l'intensité du courant au moment de l'apparition des bulles gazeuses. L'électrode est polie au voisinage du poli spéculaire et vernie de façon à ne laisser libre que la face antérieure. Tant que le métal est poli on retrouve des chiffres identiques, mais au fur et à mesure que le courant passe, l'électrode se recouvre de métal réduit, et le chiffre exprimant la densité de courant critique croît plus ou moins vite suivant le métal employé. Toutes les mesures ont été faites dans les premiers temps du passage du courant, quand le métal possède encore le poli spéculaire.

I. J'ai pu constater que la densité de courant pour laquelle le dégagement gazeux apparaît ne dépend pas de la force électromotrice alternative. En d'autres termes, quelle que soit la différence de potentiel alternative appliquée aux bornes de la cuve, il faut réaliser une densité de courant égale à la densité critique pour faire apparaître les premières bulles de gaz.

En cherchant à faire baisser le plus possible la différence de potentiel tout en maintenant le dégagement gazeux (la densité de courant étant supérieure à sa valeur critique) j'ai constaté qu'il n'y avait pas formation de bulles gazeuses en dessous d'une certaine différence de potentiel alternative. La valeur maximum de la sinusoïde, tension en fonction du temps, donne alors sensiblement ce que l'on appelle le voltage minimum d'électrolyse en courant continu. Par exemple, avec le platine poli, si les deux électrodes sont d'égale grandeur, il faut une force électromotrice d'au moins 1,70 volt maximum, pour avoir formation de bulles. Avec des électrodes de surfaces différentes le chiffre peut s'abaisser jusqu'à 1,10 volt maximum.

La variation de l'intensité en fonction de la différence de potentiel alter-

---

(1) J. W. Shipley et Goodeve, *Trans. Am. Electrochem. Soc.*, 51, 1927, p. 24.

native aux bornes de la cuve se traduit par une droite passant par l'origine. Dans certains cas (électrodes de moins de 1^{mm^2} de surface) il se produit une sorte de dépression au début de la droite (*fig.* 1) de telle sorte que pour la différence de potentiel minimum d'électrolyse *e*, l'intensité *i* donne bien une densité de courant inférieure ou au plus égale à la densité critique; de cette façon aucun dégagement n'a lieu en dessous de *e*.

II. En étudiant l'influence de la concentration, j'ai pu constater le fait suivant : Pour une surface donnée d'électrode, la densité de courant caractérisant l'apparition des bulles de gaz croît jusqu'à une valeur limite pendant que croît la concentration. Cette valeur limite est très rapidement atteinte avec des petites électrodes, plus lentement avec des électrodes de grande surface (*fig.* 2).

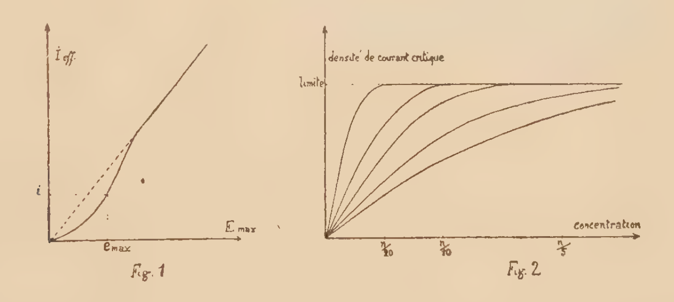


Fig. 1 Fig. 2

Sans m'attarder sur ce phénomène qui fera l'objet d'une Communication ultérieure, je signale ce fait intéressant de l'existence d'une limite constante, pour un métal et un électrolyte donné, quelle que soit la concentration de ce dernier, tout au moins entre $\frac{n}{20}$ et $2n$ comme j'ai pu le constater.

Voici, exprimées en milliampères efficaces par centimètre carré de métal poli, les valeurs des limites pour différents métaux.

Température : 20°. Fréquence du courant alternatif : 50.

	Co.	Au.	Ni.	Pt.	Fe.	Cu.	Ag.	Pb.
Électrolyte KOH.......	173	212	260	355	480	515	605	670
Électrolyte SO^4H^2......	-	107	-	198	-	-	-	-

Ces chiffres caractérisent en quelque sorte chez chaque métal sa capacité de recombinaison des produits de l'électrolyse; cette capacité variant d'ailleurs avec la nature de l'électrolyte. Dans le cas de la potasse, le cobalt est le métal qui dégage le plus facilement les gaz et le plomb celui qui recom-

bine le mieux l'oxygène et l'hydrogène qui se forment successivement à chaque alternance du courant.

Chaque métal se trouvant ainsi caractérisé par un chiffre, il m'a paru intéressant d'examiner la façon de se comporter des alliages.

Cette étude est en train.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'acide oxalique sur quelques sels solubles de plomb.* Note (¹) de Mme **N. Demassieux**, présentée par M. G. Urbain.

Quand on fait agir l'acide oxalique sur une solution de chlorure de plomb, il se fait un précipité blanc de chlorooxalate de plomb pour les quantités théoriques des deux réactifs. Ce composé $(Pb^2C^2O^4)Cl^2$ se transforme facilement en oxalate de plomb par addition d'acide oxalique et quand la solu-

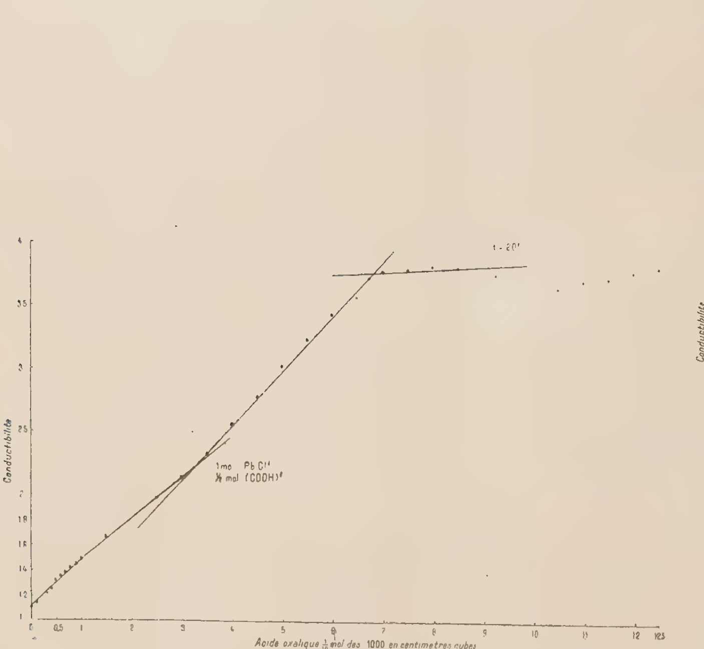


Fig. 1. — 25^{cm^3} $PbCl^2$ contenant $\frac{1}{40}$ molécule dans 1000, acide oxalique contenant $\frac{1}{10}$ molécule dans 1000.



Fig. 2. — 50^{cm^3} bromure de plomb $\frac{1}{50}$ molécule dans 1000 et acide oxalique $\frac{1}{10}$ molécule dans 1000.

tion contient une molécule environ d'acide oxalique pour une molécule de chlorure de plomb, cette transformation est totale.

(¹) Séance du 8 août 1927.

Pour étudier cette réaction nous avons utilisé la méthode des conductibilités électriques. La courbe est obtenue en portant en abscisses les quantités d'acide oxalique en centimètres cubes et en ordonnées les conductibilités.

On remarque deux changements de direction : le premier correspond à la formation de chlorooxalate, le deuxième indique la transformation du chlorooxalate en oxalate de plomb.

Ces indications de courbe ont été vérifiées par les analyses des précipités.

Le bromure de plomb dans les mêmes conditions forme un bromooxalate de plomb $(Pb^2C^2O^4)Br^2$, comme l'indique la courbe correspondante.

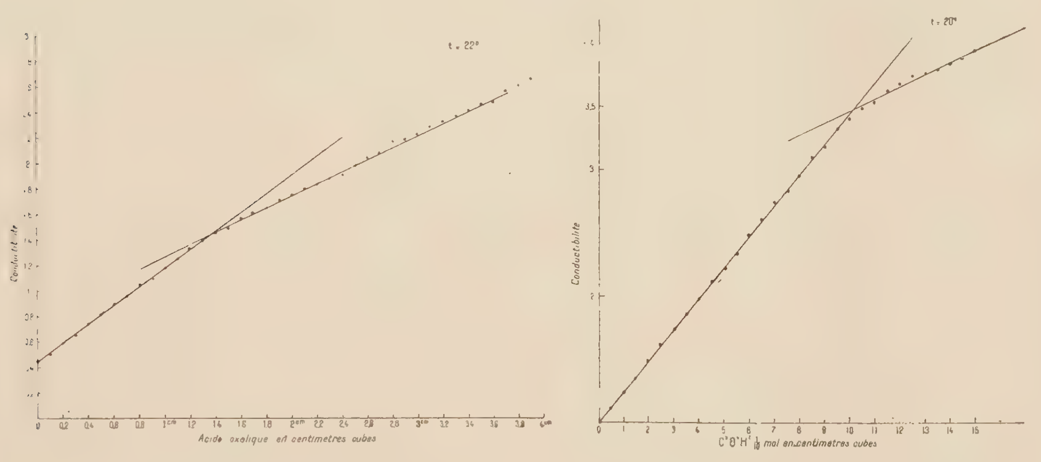


Fig. 3. — 100^{cm^3} de Pb L^2 à $\frac{1}{800}$ molécule par litre, acide oxalique à $\frac{1}{10}$ molécule par litre.

Fig. 4. — Nitrate de plomb, 50^{cm^3} $(NO^3)^2Pb$ à $\frac{1}{50}$ molécule par litre, $C^2O^4H^2$ à $\frac{1}{10}$ molécule par litre.

La composition du bromo et du chlorooxalate de plomb est analogue à celle du chloro et bromocarbonate connu.

L'iodure et l'oxalate de plomb semblent s'écarter des exemples précédents. Les courbes de conductibilité n'enregistrent qu'un seul changement de direction correspondant à la formation de l'oxalate de plomb. Les analyses des précipités confirment ces résultats.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'hydrogène sur les sels d'étain à températures et pressions élevées.* Note [1] de MM. **W. Ipatieff** et **W. Niklaeff**, présentée par M. C. Matignon.

Comme les sels d'étain sont facilement hydrolysables, les premiers essais ont porté sur l'hydrate stannique $Sn(OH)^4$ fraîchement précipité et lavé. A 300°, sous 38^{atm} de pression en hydrogène, on a obtenu, après 3 heures, une réduction d'oxyde stannique à l'état stanneux; à température plus élevée, 350° et 50^{atm}, la réduction est allée jusqu'à l'étain métallique.

La solution de sulfate stannique (302°, 162^{atm}, 4 heures) fournit successivement du sulfate stanneux qui reste en solution et du sulfure stanneux qui cristallise en belles aiguilles noires $d_{15}^{15} = 5.4$.

$$(SO^4)^2Sn + H^2 = SO^4Sn + SO^4H^2,$$
$$SO^4Sn + SO^4H^2 + 8H^2 = SnS + H^2S + 8H^2O.$$

Une faible augmentation de la température 310° provoque la dissociation de l'hydrogène sulfuré avec formation d'un polysulfure d'étain.

$$nH^2S = nH^2 + nS,$$
$$SnS + nS = SnS^{n+1}.$$

Le produit lavé au sulfure de carbone répond à la formule SnS^{10}. A 320°, sous la pression en hydrogène de 120^{atm}, il se forme un gel d'acide α-métastannique,

$$Sn(OH)^2 + H^2O = SnO^3H^2 + H^2.$$

En élevant encore la température et la pression, on obtient de l'étain métallique avec un peu d'acide métastannique et du sulfure d'étain.

En milieu sulfurique, les actions réductrices sont retardées; de même en remplaçant l'acide sulfurique par un sulfate tel que le sulfate de cuivre. Avec ce dernier sel (340°, 246^{atm}, 2 heures), on obtient des cristaux incolores de sulfate stanneux $SnSO^3$ et des cristaux de sulfure de cuivre CuS.

L'action de l'hydrogène sur les solutions de chlorure stannique produit d'abord un mélange de chlorure stanneux et d'oxyde stanneux (270°, 110^{atm}, 3,5 heures). En augmentant la température jusqu'à 280-300°, on obtient l'oxyde stannique sous forme de masses blanches, mal cristallisées, $d_{16}^{16} = 675$,

---

[1] Séance du 17 août 1927.

ou bien en opérant dans un récipient en argent, en cristaux jaunâtres, contenant à l'état occlus moins de 1 pour 100 d'argent métallique et d'aspect tout à fait identique à celui du minerai d'étain.

Enfin à partir de 280° on peut pousser la réduction jusqu'à l'étain, mais cette réduction est limitée par l'action de l'eau.

L'addition d'un excès d'anion introduit sous forme d'un autre chlorure influence la réaction. Les deux chlorures stannique et d'argent chauffés vers 380° (260^{atm}, 4 heures) donnent de très petites quantités d'étain à côté d'argent métallique, mais la majeure partie du chlorure d'étain est éliminée sous forme de chlorure basique d'étain $Sn\langle^{OH}_{Cl}$ en cristaux contenant l'étain métallique à l'état occlus, tandis que le chlorure d'argent se transforme en cristaux. Ces cristaux de chlorure d'argent sont insensibles à l'état de la lumière [1].

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le déplacement réciproque du sodium et du potassium de leurs chlorures.* Note [2] de MM. **L. Hackspill** et **E. Rinck**, transmise par M. H. Le Chatelier.

L'équilibre $KCl + Na \rightleftharpoons NaCl + K - 7^{cal},8$ a été étudié d'une manière indirecte par MM. Jellineck et Tomoff [3] qui ont tourné la difficulté expérimentale en faisant réagir un alliage peu oxydable et très dense de plomb et de sodium sur le chlorure de potassium. La température était supérieure à 800° de sorte que les deux phases (1° chlorures; 2° alliage Pb — K — Na) étaient liquides. Une agitation mécanique assurait le renouvellement des surfaces de contact tout en laissant l'alliage à l'abri de l'air. Les auteurs ont admis que dans ces conditions la loi d'action de masse était applicable comme s'il s'agissait d'une réaction en milieu homogène.

La moyenne de trois expériences leur a fourni la constante

$$C = \frac{[KCl][Na]}{[NaCl][K]} = 12,2 \text{ à } 800°.$$

Nous ignorions cette étude lorsque nous avons entrepris nos recherches qui, du reste, ne font pas double emploi avec les précédentes.

---

(1) Les détails seront donnés dans un Mémoire inséré dans un autre Recueil.

(2) Séance du 8 août 1927.

(3) *Zeitschrift für physikalische Chemie*, **111**, 1923, p. 234.

Nous avons en effet mis directement en présence soit du sodium et du chlorure de potassium, soit du potassium et du chlorure de sodium en proportions extrêmement variables sans aucun intermédiaire ou dissolvant.

Notre appareil consiste en un tube scellé en fer chauffé électriquement à 900° ± 10 et en même temps animé d'un rapide mouvement de va-et-vient produit par un moteur (280 secousses à la minute). Quelques minutes suffisent pour atteindre l'équilibre mais pour plus de sécurité, tous les essais ont été effectués en chauffant une demi-heure le tube placé horizontalement pour augmenter la surface de contact, et en laissant reposer un temps égal dans la position verticale pour assurer la séparation des deux phases avant leur solidification.

Les analyses ont toujours été faites en double par les méthodes usuelles. Le fer n'intervient pas dans la réaction. Voici les résultats obtenus :

État initial.				*État final* (équilibre à 900°).				
Poids en gr. des substances mises en présence.				Substances pour 100 dans chaque phase.				
K.	Na.	KCl.	NaCl.	K.	Na.	KCl.	NaCl.	Constante C.
"	25	6	"	10,5	89,5	51,8	48,2	12,2
"	21	7	"	14,4	85,6	58	42	11
"	20	8	"	15,1	84,9	57,1	42,9	9,9
"	16	8	"	16,1	83,9	61,2	38,8	11
"	15	10	"	19,4	80,6	65,8	34,2	10,6
"	11	15	"	21,5	78,5	72,2	27,8	12,6
"	10	16	"	23	77	73,5	26,5	12,3
"	10	20	"	27	79	75,9	24,1	11,3
"	8	24	"	36,4	63,6	81,2	18,8	10,0
"	7,5	30	"	40,1	59,9	83,5	16,5	10,1
"	6	36	"	46,3	53,7	85,4	14,6	9,1
"	4	40	"	52	48	91,1	8,9	12,6
10	"	"	11	51,7	48,3	90,8	9,2	12,2
15	"	"	10	74,2	25,8	95,5	4,5	9,8
15	"	"	7	84,8	15,2	98,0	2	12
18	"	"	6	96,2	3,8	99,3	0,7	7,5

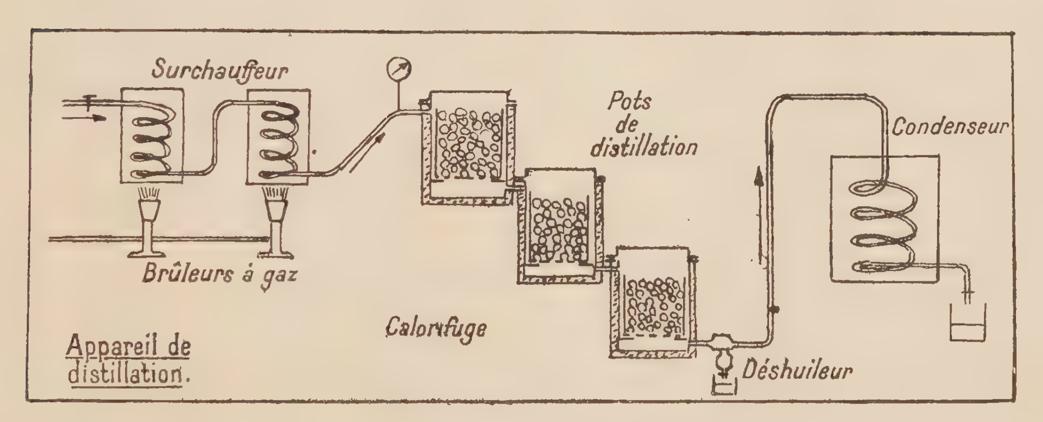
Malgré des écarts assez importants on doit admettre avec Jellineck et Tomoff que C est une constante qui d'après nos expériences est voisine de 11 à 900°. Les écarts s'expliquent du reste, soit par une disproportion trop grande entre le volume des deux phases, soit par une rétrogradation au moment du refroidissement.

Bien que nous n'ayons pas encore déterminé avec précision la constante

d'équilibre à une température inférieure à 900°, nous pouvons déjà affirmer qu'elle augmente lorsque la température s'abaisse. Deux expériences faites à 800° nous ont fourni des nombres voisins de 14 et de 16, ce que l'on pouvait prévoir d'après les données thermiques.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Distillation à basse température de houilles à longue flamme agglomérées par un goudron ou une huile de houille.* Note de M. **André Léauté**, présentée par M. G. Charpy.

Les houilles ayant 26 pour 100 ou plus de volatils, lorsqu'elles sont distillées au voisinage de 600° C., donnent en général un produit boursouflé où tous les morceaux sont pris en masse. M. Charpy a montré, en 1917, que cet inconvénient pouvait être évité en faisant croître la température en fonction du temps selon une loi appropriée ou en opérant des mélanges; récemment, M. Audibert a repris cette étude d'une façon approfondie.



Nous nous sommes proposé d'examiner le cas, important dans la pratique, où l'on soumet à la distillation, non plus le charbon seul, mais des agglomérés dans lesquels un goudron ou une huile de houille cimente les particules de charbon et est distillé en même temps qu'elles. Notre but a été de rechercher si, par un choix convenable du liant, on éviterait le boursouflement et la prise en masse des charbons à longue flamme sans les mélanger à des maigres et sans opérer un réglage délicat de la vitesse de chauffage. Il importait en outre de déterminer si le liant pourrait être récupéré par la distillation.

Pour accroître l'influence du liant, nous avons opéré sur des agglomérés

qui contenaient environ 25 pour 100 de liant (en poids) incorporé sous l'eau par le procédé Trent ([1]). La distillation était réalisée au moyen d'un courant de vapeur surchauffée, avec addition dans certains cas de chauffage externe. La figure fait voir le dispositif expérimental; chaque benne contenait une trentaine d'ovoïdes de 30g chacun. Dans le condenseur, la circulation d'eau était assez forte pour qu'on ne laissât échapper que les gaz non condensables au voisinage de la température ambiante.

Dans ce dispositif, la température est variable d'un point à l'autre et d'un moment à l'autre; ses variations au cours de chaque essai étaient notées sous forme de courbes donnant en fonction du temps les températures à l'entrée et à la sortie. On mesurait en outre, avant et après la distillation, la composition chimique des charges, leur poids et leur densité, le débit de vapeur, le poids et la nature des huiles condensées, la dureté des produits obtenus ([2]).

RÉSULTATS.

I. — *Liant : goudron.*

Numéro d'ordre de l'essai.	État du résidu solide.	Liant incorporé au charbon (pour 100).	Huile lourde récupérée (pour 100).	Perte de poids à la distillation.
9.	assez bien conservés (sauf dans le cylindre à 500°)	20,5	13,8	23,25
11.	boursouflés et pris en masse	20,5	20	32,26
19.	»	19,5	16	28,8
17.	»	26,2	10,6	21,15

II. — *Liant : $\frac{1}{3}$ goudron + $\frac{2}{3}$ huile anthracénique.*

Numéro d'ordre de l'essai.	État du résidu solide.	Liant incorporé au charbon (pour 100).	Huile lourde récupérée (pour 100).	Perte de poids à la distillation.
2.	déformés et collés	21,69	18,65	27,70
20.	déformés et craquelés	20,6	17,6	29,5

III. — *Liant : huile anthracénique.*

Numéro d'ordre de l'essai.	État du résidu solide.	Liant incorporé au charbon (pour 100).	Huile lourde récupérée (pour 100).	Perte de poids à la distillation.
15.	assez bien conservés	23,3	19,8	35
22.	bien conservés très durs	26	23	40,09
23.	»	26	23,15	43,35
24.	»	26	23,3	36,9
25.	en général bien conservés, très durs	21,5	20,4	37,1
26.	»	21,5	20,28	30,77
29.	bien conservés, durs	16,5	12,46	27,22
30.	»	»	23,15	25,37
31.	bien conservés, fragiles	»	21,6	31
16.	bien conservés, très durs	23,3	13,40	27,03

([1]) MELLON INSTITUTES, *Technochemical Series*, 1922, p. 629.

([2]) Ces renseignements ont été consignés dans des tableaux qui seront publiés dans un autre Recueil.

La conclusion la plus importante, c'est que l'on a évité le boursouflement et la prise en masse du résidu solide en employant un liant, l'huile anthracénique, qui a une teneur en brai minime tout en conservant des propriétés agglomérantes suffisantes. Le résidu solide est analogue à un anthracite et peut être utilisé comme tel. Sa transformation en coke sera examinée ultérieurement.

Quand la perte de poids en pour cent de la charge (dernière colonne des tableaux) avoisinait ou dépassait 30, la différence entre le poids du liant utilisé et l'huile lourde récupérée, restait comprise entre 0 et 3 pour 100 du poids total de la charge. En outre, des huiles moyennes et légères étaient recueillies sous forme d'émulsion, dont la teneur quand elle a été mesurée, a été de 2 à 3 pour 100. Enfin, les gaz (mesurés par différence) croissaient assez régulièrement de 2 à 15 pour 100 environ du poids total de la charge, quand la perte totale de poids variait de 25 à 43 pour 100 : ils provenaient à la fois du charbon et du liant ; au delà de 35 pour 100, la perte de poids ne se traduisait plus que par un supplément de gaz.

La méthode donne le moyen d'obtenir un résidu solide très dur et compact, une quantité d'huile sensiblement égale à celle du liant employé et une quantité de gaz variant de 2 à 15 pour 100 suivant que la distillation est plus ou moins poussée.

LITHOLOGIE. — *Sur un nouveau gisement de roches intrusives sodiques en Portugal.* Note [1] de M. **Pereira de Sousa.**

La région de Vila Boim-Elvas-Campo Maior, près de la frontière du Portugal et de l'Espagne, présente un grand développement de différentes roches éruptives.

Quelques-unes d'entre elles, surtout du côté Elvas-Campo-Maior, ont été décrites par Sousa-Brandão [2]; elles sont calco-alcalines (diorites quartzifères, odinites, etc.). Toutefois, il faut remarquer que près de Campo Maior, à Cevadães, se trouve aussi le célèbre gneiss alcalin à riebeckite-osannite, étudié par Rosenbusch.

---

[1] Séance du 1er août 1927.

[2] *Contribuições para a petrographia de Portugal, III. Descripção de rochas eruptivas do Alemtejo* (*Comunicações da Comissão do Serviço Geologico de Portugal*, **9**, 1912, 1913, p. 77).

Je viens de découvrir dans cette région, du côté de Villa Boim, des roches sodiques, d'un type peu commun; elles sont comparables à celles d'Alter Pedroso ([1]). Comme celles-ci, toutes présentent la structure cataclastique, due à des actions mécaniques. J'ai observé les types suivants :

1° *Granite alcalin :* l'orthose sodique, le microcline et l'albite dans les plages sont à fines macles, bordées d'une zone à bandes plus larges. Il existe de la magnétite, tenant la place d'un métasilicate disparu.

2° *Syénite quartzifère* passant à *diorite oligoclasique quartzifère.* — Le feldspath de cette roche à faciès syénitique est l'oligoclase-albite avec très fines bandes de la macle de l'albite, associée à la macle de la péricline, également fine; il existe accompagné d'un peu de microcline et d'albite. Cette roche renferme une amphibole vert bleuâtre pâle, qui paraît secondaire; dans les intervalles des feldspaths se voient des pseudomorphoses en magnétite et sphène d'un minéral disparu.

3° *Syénite quartzifère à riebeckite.* — Comme dans la roche précédente, il existe un peu de quartz; les feldspaths sont l'orthose sodique, le microcline se transformant en albite; les minéraux colorés sont la riebeckite, accompagnée d'un peu d'ænigmatite et d'ægyrine.

4° *Syénite quartzifère à ægyrine.* — Roche analogue à la précédente, mais la riebeckite est remplacée par l'ægyrine.

5° *Syénite à ægyrine.* — Les feldspaths (orthose sodique, microcline et albite) sont un peu aplatis et enchevêtrés, l'ægyrine et la riebeckite sont abondants; les feldspaths renferment çà et là des inclusions de biotite.

Les analyses suivantes ont été faites par M. Raoult.

Les roches 1, 3, 4 et 5 affleurent entre Elvas et Vila Boim, la roche 2 plus à NW, près de Monforte.

Si l'on compare ces roches avec celles d'Alter Pedroso, l'on constate qu'elles sont en moyenne plus riches en minéraux colorés, mais elles ne renferment pas les types mésocrates (lusitanite) ou holomélanocrates (pédrosite) dont l'association à des types nettement leucocrates est caractéristique du gisement d'Alter Pedroso.

Les syénites de Vila Boim sont, en général, plus quartzifères que celles d'Alter Pedroso et elles aboutissent à un granite alcalin n'existant pas dans ce dernier gisement.

([1]) A. Lacroix, *Les syénites à riebeckite d'Alter Pedroso (Portugal), leurs formes mésocrates (lusitanites) et leur transformation en leptynites et en gneiss* (*Comptes rendus*, 163, 1916, p. 279).

1. *Granite alcalin*........... I(II).4.1.'5
2. *Syénite quartzifère*......... II.(4)5.'2.5
3. » » .... à riebeckite 'II.'5.1.4
4. » » .... à ægyrine II.'5.1.4
5. *Syénite*..................... à ægyrine II.5.1.4

	1.	2.	3.	4.	5.
SiO^2	66,96	65,18	62,04	61,16	58,32
Al^2O^3	15,74	14,21	14,15	13,86	14,37
Fe^2O^3	4,03	1,39	4,26	4,16	4,60
FeO	3,46	2,63	6,30	7,71	5,99
MnO	0,05	0,07	0,16	0,25	0,34
MgO	traces	3,70	traces	0,11	0,31
C^2O	0,42	3,98	1,22	1,68	3,50
Na^2O	7,14	7,02	6,02	6,75	7,17
K^2O	1,03	0,44	4,03	2,64	2,69
TiO^2	0,60	0,44	0,58	0,46	1,10
P^2O^5	0,15	0,22	0,21	0,15	0,33
H^2O (+)	0,31	0,52	0,95	0,85	0,89
H^2O (−)	0,34	0,22	0,33	0,30	0,35
CO^2	»	»	»	»	»
Cl	»	»	»	»	»
S	»	»	»	»	»
SO^3	»	»	»	»	»
	100,23	100,02	100,25	100,08	99,96

SISMOLOGIE. — *Sur la détermination expérimentale du grandissement dynamique des séismographes à la plate-forme.* Note [1] de M. **J. Lacoste.**

A l'aide d'une plate-forme à laquelle on peut communiquer des mouvements harmoniques, il est possible de vérifier si les séismographes, dans les conditions normales, reproduisent fidèlement les mêmes mouvements *avec un grandissement conforme aux prévisions théoriques.*

On sait que les séismographes utilisés doivent être pourvus d'amortisseurs et la théorie suppose que la résistance opposée aux mouvements pendulaires est *rigoureusement proportionnelle à la vitesse angulaire du pendule, ce qui est traduit par l'équation*

$$\theta'' + 2\varepsilon\theta' + n^2\theta + \frac{x''}{l} = 0,$$

---

[1] Séance du 8 août 1927.

ε étant une constante appelée coefficient d'amortissement. On avait déjà indiqué ([1]) que le grandissement dynamique réel, aux grandes périodes, paraissait *plus élevé que ne l'indique la théorie*; mais dans ce premier travail on n'avait pas dépassé la période 15 secondes.

Il était intéressant de voir si cette anomalie s'exagérait pour de plus longues périodes.

Les nouveaux essais ont porté en particulier sur l'appareil Galitzine, à amortissement électromagnétique et à inscription photographique galvanométrique. De nombreuses expériences ont montré que, si le pendule et le galvanomètre sont dans les conditions ordinairement utilisées, on trouve, entre le *grandissemene réel* G_r *et le grandissement calculé d'après les constantes* G_c, *les rapports suivants :*

T........	10.	12.	14.	16.	18.	20.	25.	30.	35.	40.
$\frac{G_r}{G_c}$....	1,1	1,14	1,19	1,31	1,4	1,47	1,70	1,92	2,2	2,5

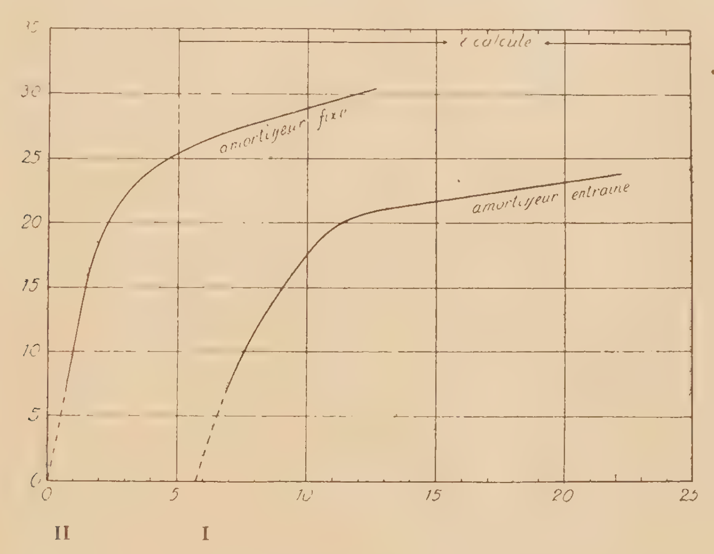
Cette divergence entre la théorie et la réalité ne peut être attribuée en totalité au galvanomètre; d'autres essais avec des appareils à inscription photographique directe ont donné de semblables résultats. On pouvait donc supposer qu'elle est due au mode d'amortissement électromagnétique du pendule. Pour m'en rendre compte je l'ai remplacé par un amortisseur à liquides. Les essais ont été faits à la température même de la prise des constantes. *Ce nouveau dispositif a montré les mêmes divergences.*

Il y a donc lieu de supposer que le coefficient d'amortissement ε, *considéré dans la théorie comme constant*, est une *fonction de la vitesse*. Utilisant le grandissement réel obtenu aux différentes périodes, on peut calculer ce que doit être ce coefficient ε *pour admettre la formule théorique*. On trouve ainsi que ε *décroît rapidement avec la vitesse calculable des lames d'amortissement* (courbe I de la figure). J'ai été surpris de voir que ε tend vers zéro pour des vitesses non nulles. Dans la construction de cette courbe les vitesses des lames avaient été calculées sans tenir compte de l'entraînement de l'amortisseur lui-même par la plate-forme en mouvement. En rendant l'amortisseur à liquide indépendant de la plate-forme, j'ai obtenu les résultats suivants :

([1]) E. Rothé et J. Lacoste, *Essais de séismographes à la plate-forme* (*Publications du Bureau Central Séismologique International*, série A, 1924, p. 60 à 72).

T.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	25.	30.	35.	40.
Amortisseur fixe $\frac{G_r}{G_c}$	1,010	1,063	1,102	1,142	1,200	1,244	1,345	1,500	1,666	1,727
Amortisseur entrainé $\frac{G_r}{G_c}$ ...	1,114	1,150	1,235	1,313	1,428	1,553	1,720	1,989	2,259	2,638

on voit qu'avec un amortisseur fixe on se rapproche davantage des conditions théoriques; malheureusement, un pareil dispositif ne peut être utilisé dans le cas des tremblements de terre.



En abscisses : vitesses en $\frac{1}{100}$ de millimètre. En ordonnées : $\varepsilon \times 100$.

Toutefois il reste encore entre le grandissement réel et le grandissement théorique la divergence que l'on peut attribuer à la variation de ε. Si l'on porte encore une fois les vitesses en abscisses et les ε en ordonnées (courbe II de la figure), on voit cette fois que le *coefficient d'amortissement* part de o pour des vitesses nulles, croît rapidement avec les vitesses et se rapproche de ε calculé au moyen des constantes prises l'amortisseur au repos; il doit même l'égaler ou le dépasser aux vitesses supérieures à celles qui ont été utilisées dans la prise des constantes. Je me propose de vérifier cette hypothèse en utilisant un dispositif qui me permettra d'opérer aux périodes plus petites.

Les résultats précédents ont été obtenus en donnant à la plate-forme une double amplitude de $0^{mm},314$; d'autres essais ont été effectués à des amplitudes différentes et ont permis les mêmes constatations.

Ces conclusions ont une importance non seulement au point de vue séismologique, mais aussi au point de vue physique.

On sait que, dans les calculs séismologiques, le coefficient d'amortissement est lié au coefficient de frottement k par la relation $2\varepsilon = \frac{k}{\varepsilon m r^2}$ ($\varepsilon m r^2 =$ mouvement d'inertie du pendule). Par la détermination expérimentale de ε on peut obtenir les valeurs de k et trouver ainsi *le coefficient de frottement soit magnétique, soit par les liquides, correspondant à des vitesses qui, d'abord de l'ordre du micron, atteignent ensuite le millimètre par seconde.*

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur une périodicité et une symétrie de la courbe des pluies à Alger. Application à la prévision des périodes sèches et pluvieuses en Algérie.* Note de M. **L. Petitjean**, présentée par M. Bigourdan.

I. Les totaux annuels des chutes de pluie à Alger sont connus depuis l'année 1838. L'étude du diagramme qui représente ces quantités, en fonction du temps, a été faite après avoir préalablement rapporté à une même moyenne (736^{mm}) les lectures pluviométriques obtenues entre le 1er janvier et le 31 décembre de chaque année, en divers points d'Alger.

L'application de la méthode de Clayton [1] à la recherche de périodicités cachées nous a conduit en premier lieu à reconnaître, dans la courbe des pluies, l'existence de deux ondes sinusoïdales ayant des périodes respectives de 35 et 15 ans.

En second lieu, le diagramme des précipitations, transformé à l'aide du procédé graphique habituel en une courbe réduite, nous a montré que la courbe présente un point de symétrie simple en 1903, c'est-à-dire qu'elle est symétrique par rapport à un axe vertical passant par le point d'abscisse 1903.

La théorie des points de symétrie [2] exige qu'en ce point les ondes partielles passent par un maximum ou un minimum. La composition d'ondes de 35 et 15 ans, en opposition en 1903 et possédant, de part et d'autre de la moyenne (736^{mm}) des amplitudes respectives de 30^{mm} et de 20^{mm} conduit bien, en effet, à une courbe résultante montrant la même symétrie que la courbe réduite, et s'enlaçant d'ailleurs étroitement avec cette dernière. Les pointes du diagramme des précipitations qui correspondent aux années très

(1) H. Helm Clayton, *Monthly Weather Review*, 35, 1907, p. 161-167, Washington.
(2) L. Weickmann, *Wellen im Luftmeer*, 1924, p. 5-46, Leipzig.

sèches et très pluvieuses alternent suivant une périodicité d'environ 6 ans, avec une amplitude de 200 à 300^{mm} de part et d'autre de la courbe réduite. La période de celle-ci peut être considérée comme égale à celle de la courbe qui résulte de la composition des ondes de 15 et de 35 ans; or cette période est de 105 ans (quotient du produit des périodes partielles par leur plus grand commun diviseur). Il en résulte que, tous les 105 ans environ, les précipitations doivent avoir le même degré d'intensité à Alger.

II. Par suite de la symétrie présentée par la courbe réduite, on peut, dès à présent, annoncer le caractère du temps en Algérie pour les années 1928 et postérieures. Il suffit de se reporter à la partie de la courbe antérieure à l'année 1878 (symétrique de 1928 par rapport à 1903).

Les quantités annuelles de pluie tombées en Algérie vont en décroissant dans l'ensemble depuis 1918. Or la courbe montre que cette décroissance va s'arrêter : ainsi, l'année 1928, tout en étant encore une année sèche, sera déjà moins sèche que ne l'a été 1926. La moyenne des précipitations se relèvera jusque vers 1935. A partir de cette époque, elle diminuera constamment et atteindra son minimum le plus aigu entre 1940 et 1945, période correspondant à celle de la grande disette de 1866. Les chutes de pluie redeviendront ensuite de plus en plus abondantes jusqu'en 1950-55. A ce moment, un fléchissement se produira pendant un laps de temps d'environ cinq années, puis les quantités de pluie seront de nouveau excessives de 1960 à 1965. Elles iront ensuite en décroissant fortement jusque vers 1970-75, période d'années très sèches comparables à celles du groupe 1940-45.

Il faut observer que ces indications se rapportent uniquement au caractère d'un *groupe* d'années et non à la prévision de la pluie pour une année particulière.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude du processus nutritif de l'oosphère des Abiétinées*. Note de M. **Cam. De Bruyne.**

Les traités généraux de Botanique, résumant les résultats des recherches les plus récentes, attribuent un rôle nutritif à la paroi archégoniale; ils s'abstiennent d'entrer dans les détails, ces résultats étant assez discordants.

Hofmeister (1851), Schacht (1858), Strasburger (1884), Goroschankin (1884) signalent dans l'oosphère des corpuscules nutritifs qu'ils interprètent différemment, mais s'accordent pour ne pas leur attribuer une origine pariétale.

Se fondant sur leurs réactions vis-à-vis des matières colorantes, Hirase (1895) les considère comme provenant d'une sorte de sécrétion nucléaire, des cellules de la gaine archégoniale.

Ce serait au contraire au noyau qu'il faudrait attribuer ce rôle, d'après Ikene (1898). Pour Arnoldi, les noyaux, migrant de la paroi jusque dans l'oosphère, vont y constituer les corpuscules en question. D'après Coker (1905), ce seraient des débris des noyaux — se fragmentant — qui sont ensuite déversés dans l'ovule en formation.

Pour une troisième catégorie d'auteurs, cytoplasme et noyau prendraient part au phénomène. Telle est l'opinion de Jaccard (1894). Il retrouve l'un et l'autre au sein du corps oosphérique. Mais tout autre est l'interprétation de Stopes et Fujii (1906) : l'enveloppe archégoniale absorberait, après solubilisation préalable par des enzymes appropriées, les réserves accumulées dans l'endosperme pour les déverser ensuite dans l'oosphère.

Le sort ultérieur des constituants de la gaine ne semble guère avoir préoccupé les divers anatomistes; quelques-uns croient à leur maintien intégral; Arnoldi décrit la migration de noyaux endospermiques venant remplacer ceux qui sont allés constituer au sein de l'oosphère les corpuscules nutritifs.

A mon tour j'ai entrepris l'étude de cet intéressant problème et me suis servi de matériaux provenant de *Pinus Strobus* et de *P. Laricio*.

D'une manière génerale et dès leur groupement régulier, les cellules pariétaires se font remarquer, parmi les constituants du prothallium, par leurs dimensions, leur aspect général et par leur colorabilité.

Dès qu'elles entrent en activité fonctionnelle, leur noyau se vacuolise et perd de sa colorabilité; ses dimensions augmentent progressivement de même que celles du cytoplasme qui, de son côté, devient granuleux.

Très souvent des corps cellulaires voisins se fusionnent, formant bientôt une masse d'aspect muqueux et multinucléée : elle constitue, en somme, le produit d'une sorte de dégénérescence et s'écoule, à la longue, non en passant par des pores extrêmement ténus, creusés dans la membrane épaissie (Hirase, Goroschankin, Stopes et Fujii), mais à la façon d'une masse semi-fluide *in globo* ou fragmentairement, vers et dans le corps oosphérique.

Pendant longtemps encore on les reconnaît au sein du corps ovulaire où progressivement ils iront se confondre avec les autres constituants.

Mais que reste-t-il, après quelque temps, de cette gaine cellulaire où

règne une activité régressive aussi intense? Stopes et Fujii en proclament le maintien intégral, ce qui, *a priori* déjà, est incompatible avec les phénomènes décrits ci-dessus. J'ai dit plus haut comment Arnoldi conçoit la remise en état de ce tissu : des noyaux prothalliens voisins viendraient y remplacer ceux que leur activité physiologique a conduits à la résorption par l'oosphère.

La littérature dont j'ai pu disposer ne m'a pas renseigné au sujet de l'accueil réservé par le monde scientifique à cette conception étrange; elle me paraît, quant à moi, mériter la plus stricte réserve. Comment, en effet, se représenter un noyau, partie essentielle de la cellule vivante, quittant son cytoplasme, pour aller en rejoindre un autre, avec lequel il n'a aucun lien anatomo-physiologique et qui fut le siège d'importants phénomènes nucléaires?

Mes recherches m'ont conduit à des résultats tout différents. Avant de servir d'aliment à l'oosphère, les cellules pariétales de l'archégone des Abiétinées subissent une dégénérescence et se désagrègent. Leur déversement opéré, il reste une brèche qui doit aller en augmentant avec l'évolution régressive de la paroi. Mais, à la base de cette couche nutritive, là même où Arnoldi croit avoir vu entrer des noyaux endospermiques voisins, on peut reconnaître, de façon constante, les cellules groupées en tissu plus dense que partout ailleurs dans l'endosperme et se différenciant de leurs congénères, par leur noyau déjà plus volumineux et par une accentuation de sa colorabilité. A bien des niveaux on voit de ces éléments engagés entre deux cellules pariétales, comme s'ils s'y glissaient par un effort. Leur aspect dénonce déjà le début des transformations qui les conduiront progressivement au stade fonctionnel décrit plus haut pour leurs devanciers, dont ils auront pris et occupé la place et repris le rôle.

C'est de cette manière que la couche pariétale conserve son intégrité apparente, qui a trompé Stopes et Fujii. Elle constitue, en quelque sorte, une glande olocrine qui se renouvelle durant tout le développement de l'archégone.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nature et métabolisme des glucides chez les Iris.* Note (1) de MM. **H. Colin** et **A. Augem**, transmise par M. Guignard.

Tout ce qu'on sait de la question se résume à ceci : L'*Iris germanica*, les espèces voisines, *pallida, florentina*, et les innombrables variétés qui en

(1) Séance du 8 août 1927.

dérivent ont un rhizome à fécule; l'*Iris pseudacorus*, au contraire, met en réserve une lévulosane, l'irisine [1], sans trace d'amidon; ses graines ont un albumen corné, riche en mannosanes [2].

Nos recherches ont porté sur ces deux types et en plus sur l'*Iris fœtidissima*.

1° *Feuilles.* — Sauf dans les cellules stomatiques et seulement à la belle saison, les feuilles d'Iris ne renferment pas normalement [3] d'amidon, mais du saccharose et des sucres réducteurs, glucose et lévulose. Chose insolite, les feuilles de l'Iris gigot sont saturées de lévulosanes durant l'été.

2° *Rhizomes.* — Les sucres élaborés par les feuilles vont se condenser, dans les rhizomes, à l'état d'amidon (*I. germanica*) ou de lévulosanes (*I. pseudacorus*); nul n'a signalé jusqu'alors que l'*I. fœtidissima*, comme tant d'autres Monocotylédones, élabore à la fois ces deux sortes de réserves.

On pourrait croire que chez les Iris à lévulosanes il s'agit partout et toujours du même principe, l'irisine. La réalité est bien différente. L'irisine, seul polyose lévogyre de l'*I. pseudacorus*, est une lévulosane à grosse molécule, de pouvoir rotatoire égal à —51, absolument rebelle à l'action de la sucrase. Au contraire, le glucide de l'Iris gigot paraît être une dilévulosane dont le pouvoir rotatoire n'est pas supérieur à —28,5; inattaquable lui aussi par la sucrase, on le trouve toujours accompagné, dans les feuilles aussi bien que dans le rhizome, d'un satellite qui se laisse parfaitement hydrolyser par l'extrait aqueux de levure.

3° *Tiges florifères.* — Ce n'est pas l'habitude que les polyoses mis en réserve dans les parties souterraines émigrent tels quels vers les tiges en voie d'accroissement; aussi ne trouve-t-on, dans celles d'Iris, que des sucres réducteurs et du saccharose. Cependant, vers l'époque de la maturation des graines, il n'est pas rare de voir se former, dans la tige du *pseudacorus*, de petites quantités d'irisine. Les capsules, bien entendu, ne font que continuer les tiges et renferment les mêmes principes hydrocarbonés.

4° *Graines.* — Peu de temps après la fécondation, le contenu de la graine consiste en une matière semi-fluide dans laquelle on découvre aisément du sucre réducteur, du saccharose et, en outre, chez le *fœtidissima* et le *pseudacorus*, chez ce dernier surtout, les mêmes lévulosanes que dans les rhizomes; les téguments contiennent toujours de l'amidon. Bientôt la

---

(1) WALLACH, *Lieb. Ann.*, 234, 1886, p. 364.

(2) REISS, *Ber. d. Chem. Ges.*, 22, 1889, p. 609.

(3) On provoque aisément la formation de granules amylacés dans tous les chloroleucites en plaçant les feuilles sur des solutions sucrées.

structure cellulaire a tout envahi et les membranes commencent à s'épaissir. Finalement, l'albumen tout entier se présente sous forme d'une masse cornée, sorte de corozo, qui par hydrolyse donne du mannose en quantité.

De la documentation que nous possédons sur le sujet, nous ne pouvons citer ici qu'un petit nombre de données propres à illustrer ce qui vient d'être affirmé. Ci-dessous $[\alpha_1]$ et $[\alpha_2]$ sont les pouvoirs rotatoires, à 15°, du contingent glucidique soluble, avant et après hydrolyse; sous les rubriques R, S, L, A, figurent les pourcentages respectifs, par rapport au poids frais, du réducteur, du saccharose, des lévulosanes et de l'amidon.

Glucides des Iris.

			$[\alpha_1]$.	$[\alpha_2]$.	R.	S.	L.	A.
FEUILLES.	*I. pseudacorus.*	Avril.........	+19	—32	0,70	0,90	0	dans les stomates seulement
		Juin..........	+20	—30	0,37	0,84	0	
		Novembre.....	+27	—20	0,45	0,78	0	
	I. pallida.....	Mars..........	+34	+ 5	0,92	0,48	0	
		Juin..........	+32	+11	1,77	0,44	0	
		Novembre.....	+34	— 2	1,09	0,96	0	
	I. fœtidissima.	Mars..........	+11	—41	0,64	2,18	3,84	
		Juin..........	— 6	—50	0,96	3,18	8,00	
		Novembre.....	+51	—20	0,73	1,70	0	
RHIZOMES.	*I. germanica..*	Janvier.......	+38	—28	0,49	4,26	0	5,8
		Juillet........	+ 9	—17	1,75	0,79	0	3,2
	I. pseudacorus.	Novembre....	—45	—82	0,51	0,28	4,68	0
		Juillet........	—58	—90	0,22	0,29	4,57	0
	I. fœtidissima.	Décembre....	—14	—72	0,78	2,35	9,48	8,04
		Juin..........	—18	—71	0,28	2,30	11,00	9
TIGES.	*I. pallida......*	Juin..........	+37	+40	3,00	0,11	0	
	I. pseudacorus.	Juillet........	0	—41	1,49	1,13	2,56	dans les stomates
	I. fœtidissima.	Juillet........	+22	— 2	1,88	0,21	0	
CAPSULES.	*I. pallida.....*	Juillet........	+33	+17	1,54	0,32	0	
	I. pseudacorus.	»	+ 9	— 3	1,00	0,74	0	
	I. fœtidissima.	»	+26	— 5	3,80	1,46	0	
GRAINES.	*I. pallida......*	Juillet........	+44	—25	0,68	4,47	0	1,00
	I. pseudacorus.	Juin.........	—27	—74	0,76	1,34	4,12	0,10
	I. fœtidissima.	Juillet........	+10	—33	2,20	4,80	1,80	0,30

Il apparaît une fois de plus à quel point le chimisme peut différer d'une espèce à l'autre, à l'intérieur d'un même groupe de plantes. Du point de vue physiologique, plus encore que par leurs caractères morphologiques, ces trois sortes d'Iris constituent trois types aussi distincts que possible.

Comment s'étonner que les croisements mille fois tentés entre ces espèces n'aient jamais été couronnés de succès ?

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'interprétation des courbes d'indice de réceptivité des Souris pour les greffes de tumeurs.* Note [1] de MM. **F. Vlès** et **A. de Coulon**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note récente [2], nous avons indiqué que les modifications expérimentales de l'indice de réceptivité des Souris pour les greffes de tumeurs se font suivant plusieurs types ; or la réceptivité est elle-même en relation avec les déplacements des points isoélectriques musculaires. Nous avions antérieurement interprété les variations de ceux-ci comme le résultat d'une décharge éventuelle dans l'organisme de produits de lyse, de dislocation protéique, éléments en présence desquels l'organisme peut se trouver placé par suite de crises métaboliques de nature quelconque (infections, tumeurs, gravidité, etc.).

Nous avons tenté de souder ces diverses notions en étudiant les modifications de l'indice de réceptivité pour les greffes de tumeurs, sous l'action de produits de dislocation protéique. Les conditions expérimentales ont été les mêmes que dans les expériences précédentes.

L'expérience a montré que l'injection aux Souris de stocks de produits résultant d'une dislocation poussée jusqu'à un stade déterminé, conduit à une évolution de l'indice de réceptivité pour les greffes de tumeurs qui paraît en relation avec le résultat de la dislocation.

C'est ainsi qu'une caséine solubilisée par hydrolyse ménagée (stock usuel protalbinique, lysalbinique, etc.) a fourni une évolution de l'indice de réceptivité du type B [3], avec indice positif au début, inversion, minimum (état réfractaire à la greffe), puis retour aux valeurs positives (*fig.* 1). Des mélanges riches en albumoses (au sens classique du terme : stock de polypeptides précipitable par le sulfate d'ammoniaque, peptone de Witte) ont correspondu au type D, l'indice *restant positif* sans s'inverser. Des produits de digestion de muscles de Souris par la pepsine chlorhydrique, poussés jusqu'aux peptones (produits biurétiques non précipitables par le

---

(1) Séance du 25 juillet 1927.

(2) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 403.

(3) *Loc. cit.*

sulfate d'ammoniaque) ont donné une évolution du type E, l'indice étant d'emblée fortement négatif et restant d'une valeur à peu près constante jusqu'au 65ᵉ jour. Des produits de digestion tryptique de muscles de

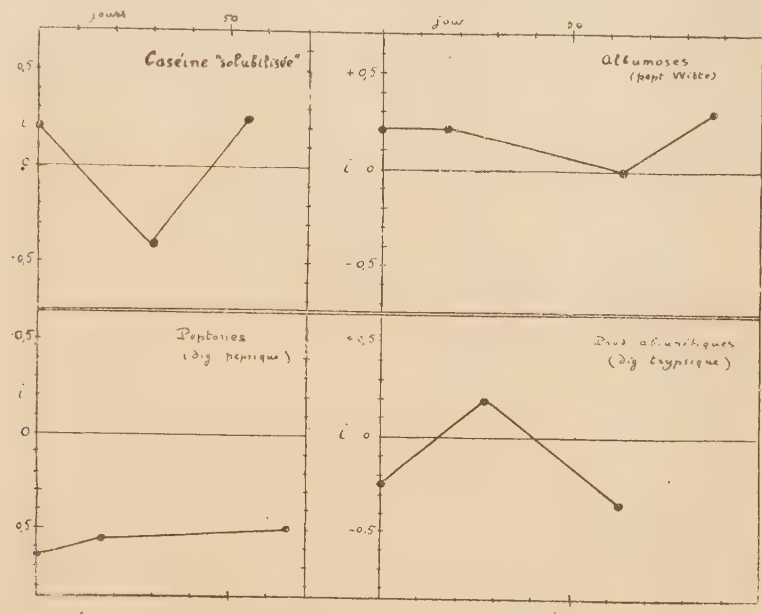


Fig. 1. — Évolution de l'indice de réceptivité pour les greffes de tumeurs des Souris injectées de produits de dislocation protéique.

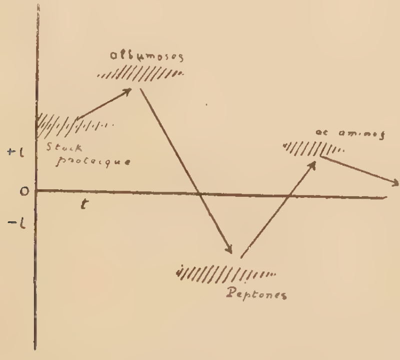


Fig. 2. — Schéma de l'évolution de l'indice de réceptivité pour les greffes de tumeurs, dans un organisme soumis à des décharges successives de produits de dislocation protéique.

Souris, poussée jusqu'à ce que le mélange fût abiurétique, ont imposé le type C, l'indice étant d'emblée négatif, puis s'inversant et devenant positif, et enfin redescendant le 65ᵉ jour.

A partir de ces données, il semble que nous puissions interpréter l'évo-

lution en fonction du temps de l'indice de réceptivité pour les tumeurs ([1]), dans les expériences antérieures avec l'émeri, le charbon, etc.

En supposant que l'opération initiale a engagé la dislocation d'un stock de matériaux protéiques dont la lyse s'échelonne sur un temps plus ou moins considérable, l'organisme va se trouver successivement recevoir des décharges de stades divers de produits de dislocation de ces protéiques : suivant l'époque à laquelle elles seront introduites, les greffes de tumeurs vont donc se trouver *par exemple* en présence d'un organisme au stade d'une décharge d'albumose (type D) c'est-à-dire à indice de réceptivité fortement positif; plus tard, en présence d'un organisme au stade d'une décharge peptonique, donc à indice fortement négatif (type E); puis d'un organisme à indice revenant à des valeurs positives (stade de décharges amino-acides : type C). La courbe résultante (*fig.* 2) aura donc grossièrement l'allure d'une courbe du type A ou du type B. Il est facile de concevoir, par des répartitions différentes des produits de scission, et la prédominance de telle ou telle fraction, que l'on puisse reproduire les schémas des divers types examinés jusqu'à présent.

Dans ces conditions, les types d'évolution des indices de réceptivité en fonction du temps jalonneraient tout simplement les décharges successives en échelons, différant qualitativement et quantitativement, qui résulteraient d'une dislocation de plus en plus avancée d'un certain stock protéique initial. Quant à ce stock protéique initial, on peut, en l'absence d'antigène extérieur, le chercher dans des cytolyses ou caryolyses engagées par des remaniements cellulaires, ou éventuellement dans la dislocation sur place de collections humorales provoquées ou naturelles.

PHYSIOLOGIE. — *Résultats des greffes sur le troupeau des moutons du Gouvernement général d'Algérie.* Note ([2]) de M. S. **Voronoff**, présentée par M. E. Leclainche.

Par une technique personnelle, j'ai réussi des greffes durables des glandes génitales d'un animal à un autre de la même espèce. Les examens histologiques, communiqués par M. Retterer à la Société de Biologie, ont en effet prouvé la survivance de ces greffons au delà de 3 ans et demi.

([1]) Et bien entendu aussi du point isoélectrique.

([2]) Séance du 25 juillet 1927.

Les principes de cette technique sont :

1° Transplantation de la glande à la place que la nature lui avait désignée;

2° Irritation de la surface d'implantation par scarification et grattage afin d'y provoquer un afflux de sang pour hâter la naissance des vaisseaux de nouvelle formation destinés à la nutrition humorale du greffon;

3° Division des greffons en tranches minces pour faciliter l'imbibition humorale de toutes les cellules.

J'ai appliqué ma méthode de greffe dans les cas suivants :

a. Sur les vieux animaux chez lesquels l'hormone testiculaire est déficitaire;

b. Sur les jeunes animaux, *avant la puberté*, chez lesquels les glandes non parvenues à la maturité ne sécrètent pas encore l'hormone testiculaire.

Dans le premier cas, on obtient une sorte de revivification générale du vieil organisme, *une augmentation de la force et de l'énergie vitale* et la répartition, en même temps, de la fonction sexuelle abolie par l'âge.

Dans le deuxième cas, on fournit à de tout jeunes animaux, par la greffe d'un testicule pris à un animal *adulte*, un apport d'hormone qu'ils ne possédaient pas encore. On dote ainsi ces jeunes organismes d'un stimulant qui hâte leur développement, les rend plus riches en chair et en production lainière. Lorsque, plus tard, leurs propres testicules parviennent à la maturité, leur action s'exerce sur un organisme beaucoup plus développé et le gain acquis se maintient et s'accroît.

Encouragé par les résultats obtenus à mon laboratoire au Collège de France dans les deux cas, j'ai voulu étendre mes expériences à des troupeaux entiers de moutons. Pour me mettre à l'abri de toute critique, et afin que les résultats puissent être contrôlés par une administration officielle et compétente, je me suis rendu en 1924 en Algérie où le Gouvernement possède un troupeau de 3000 moutons, sous la surveillance de l'inspecteur de l'élevage du Gouvernement général d'Algérie, M. Trouette.

La greffe des agneaux a été faite depuis le mois d'octobre 1924.

Le Service de l'élevage a communiqué les premiers résultats en 1926. Du rapport adressé au Ministère de l'Agriculture, j'extrais les chiffres suivants : La moyenne de poids pour les animaux de 2 ans, *non greffés*, est de $61^{kg},300$; la moyenne de poids pour les animaux *greffés*, âgés également de 2 ans, est de $68^{kg},500$. L'augmentation de poids est donc de $7^{kg},200$, de $\frac{1}{8}$ environ.

Le poids moyen de la toison des béliers *non* greffés est de $3^{kg},100$; le

poids moyen de la toison des béliers greffés est de $3^{kg},750$. Soit une augmentation de $650^{g}\,\frac{1}{5}$.

Au moment où ce rapport a été rédigé, les béliers greffés avaient déjà procréé des agneaux parvenus à l'âge de 5 mois. Or ces agneaux, issus de greffés, avaient un poids moyen de $38^{kg},200$, tandis que les agneaux de même âge, provenant de *non* greffés, ne pesaient que $30^{kg},100$. D'où une augmentation en poids de $8^{kg},100$, soit une augmentation de plus d'un quart. Le poids moyen de la toison des premiers était de 980^{g}; le poids moyen de la toison des seconds était de 680^{g}. Soit une augmentation de 300^{g} environ d'un tiers en plus.

Un an après que ce rapport fut rédigé par le Service d'élevage, je me suis rendu en Algérie (en avril 1927) et j'ai visité les troupeaux sous la conduite de M. Trouette et du commandant Cottenceau, directeur de la Station d'élevage. Sur onze troupeaux du Gouvernement, deux sont actuellement composés entièrement de brebis issues de greffés. En ma présence, on a pesé 2800 moutons actuellement existants, on les a tondus et l'on a pesé toutes les toisons.

Les résultats sont approximativement les mêmes. Les animaux issus de greffés pèsent en moyenne $\frac{1}{5}$ en plus que les animaux issus de non greffés et leur toison accuse une augmentation de $\frac{1}{6}$.

C'est donc un fait général et constant : les géniteurs, greffés avant la puberté, transmettent à leur première génération, au moins en partie, les qualités nouvellement acquises. Sans préjuger ce que l'on pourrait obtenir en greffant à leur tour les béliers issus de greffés et ayant déjà bénéficié des qualités de leurs ascendants, il y a lieu de constater que la plus-value obtenue en poids et en laine de cette première génération offre déjà un avantage considérable pour les éleveurs. Un bélier féconde en moyenne 50 brebis. Cent béliers greffés peuvent donc assurer la fécondation de 5000 brebis qui donneront environ 5000 produits supérieurs en poids et en laine, ce qui se traduit par un gain de plusieurs milliers de kilogrammes de viande et de laine.

La richesse en laine et en viande des moutons, dans chaque pays, peut être ainsi considérablement accrue grâce aux géniteurs greffés.

La séance est levée à $15^{h}35^{m}$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 9 mai 1927.)

Note de M. *Haroutune Anjour*, Nouveaux types des cas du mouvement du corps solide se ramenant aux quadratures :

Page 1115, ligne 22, *au lieu de* l'axe fixe OZ_1, *lire* l'axe OZ_1.

(Séance du 1er août 1927.)

Note de M. *F.-E. Fournier*, Sur la résistance de l'eau à la translation des carènes :

Page 320, *lire* l'expression (5) ainsi qu'il suit :

$$\sin\pi\left(\frac{v}{w}\right)^{\frac{\log 2}{\log w - \log v'}}. \tag{5}$$

Note de MM. *F. Gonseth* et *G. Juvet*, Sur les équations de l'électromagnétisme :

Page 342, le texte, à partir de la ligne 24 jusqu'à la fin, doit être intercalé après la ligne 4 de cette même page.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant l'année 1926 (*suite*).

Societas scientiarum fennica (*Årsbok*). Helsingfors.
Societatea romana de stiinte (*Buletinul de chimie*. Bucuresti.
Société amicale de secours des anciens élèves de l'École polytechnique. Paris.
Société des amis des sciences naturelles, d'anthropologie et d'ethnographie (*Compte rendu*) Moscou.
Société de secours des amis des sciences (*Compte rendu*). Paris.
Société des ingénieurs civils de France (*Annuaire. Procès-verbal*). Paris.
Société des nations; Bulletin des relations scientifiques. Paris.
Société roumaine des sciences (*Bulletin de chimie pure et appliquée. Bulletin des sciences mathématiques*). Bucuresti.
Société scientifique Ševčenko à Leopol (*Sections math. sc. nat. méd.*). Léopol.
Solar Physics Observatory (*Annual Report*). Cambridge.
Sprawozdania i Prace. Warszawa.
Sprawozdania Polokicj Akademji Umiejetnosci. Cracovie.
Sprawozdanie komisji fizjograficznej. Cracovie.
Stanford University Publications. Stanford (California).
Station agronomique de la Guadeloupe (*Rapport*). Pointe-à-Pitre.
Statistique de l'industrie minérale. Paris.
Studies from the Biological Stations. Toronto, Vancouver.
Sveriges geologiska undersökning. Stockholm.
Sveriges officiella statistik. Socialstatistik. Stockholm.

Tableau fiscal. Paris.
Technique moderne. Paris.
Technology Reports of the Tôhoku Imperial University. Sendai.
Tide Tables for the Eastern Coasts of Canada. Ottawa.
Tide Tables for the Pacific Coast of Canada. Ottawa.
Tôhoku Journal of Experimental Medicine. Sendaï.
Tôhoku Mathematical Journal (*The*). Sendaï.
Trabajos del Laboratorio de histopathologia. Madrid.
Trabajos del Museo nacional de ciencias naturales. Madrid.

(*A suivre*.)